ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1972 N° 92

Sur l'intérêt de la méthode graphique dans l'étude du comportement alimentaire et du rythme d'activité chez les bovins

THESE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Présentée et soutenue publiquement en 1972

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

DUMAS Jean-Pierre, Julien
Né le 19 juillet 1945 à Lagrace-Dieu 31

Jury :

Président M. BESSOU, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. RUCKEBUSCH, Prof. à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse
M. PAVAUX, Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

IMPRIMERIE DU VIGUIER
6, RUE NINAU – TOULOUSE

Sur l'intérêt de la méthode graphique dans l'étude du comportement alimentaire et du rythme d'activité chez les bovins

(Travail du Laboratoire de Physiologie
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse)

1972

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE
ANNÉE 1972 No 92

Sur l'intérêt de la méthode graphique dans l'étude du comportement alimentaire et du rythme d'activité chez les bovins

THESE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

Présentée et soutenue publiquement en 1972

DEVANT

L'UNIVERSITÉ PAUL-SABATIER DE TOULOUSE

PAR

DUMAS Jean-Pierre, Julien

Né le 19 juillet 1945 à Lagrace-Dieu 31

Jury :

Président M. BESSOU, Professeur à l'Université Paul-Sabatier de Toulouse

Assesseurs M. RUCKEBUSCH, Prof. à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

M. PAVAUX, Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

IMPRIMERIE DU VIGUIER
6, RUE NINAU – TOULOUSE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

DIRECTEUR. . . . . MM. FLORIO
DIRECTEURS HONORAIRES. . . . . PONS, DARRASPEN
PROFESSEUR HONORAIRE. . . . . LOMBARD

PERSONNEL ENSEIGNANT

Chaire de Pharmacie et Toxicologie.
Professeur titulaire. . . . . M. **Godfrain**
Maître-Assistant. . . . . Mme **Burgat-Sacaze**
Pharmacie et Toxicologie

Chaire de Physique et Chimie Biologiques et Médicales.
Professeur titulaire. . . . . M. **Rico**
Physique biologique et médicale
Chimie biologique et médicale

Chaire d'Anatomie des Animaux domestiques.
Professeur titulaire. . . . . M. **Pavaux**
Anatomie descriptive - Extérieur
Anatomie appliquée - Tératologie

Chaire de Physiologie et Thérapeutique.
Professeur titulaire. . . . . MM. **Ruckebusch**
Maître de Conférences, non Chef de Service. . . . . **Fargeas**
Physiologie - Thérapeutique et Pharmacodynamie

Chaire d'Histologie - Anatomie Pathologique.
Professeur titulaire. . . . . MM. **Van Haverbeke**
Professeur sans Chaire. . . . . **Cabanié**
Maître-Assistant. . . . . **Magnol**
Histologie - Embryologie - Anatomie Pathologique

Chaire d'Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale.
Professeur titulaire. . . . . M. **Labie**
Maître-Assistant. . . . . **Eeckhoutte**
Hygiène, Inspection, Contrôle et Technologie des Denrées alimentaires d'origine animale

Chaire de Parasitologie et Maladies Parisitaires.
Professeur titulaire. . . . . M. **Brizard**
Maître-Assistant Agrégé. . . . . **Dorchies**
Zoologie appliquée - Parasitologie externe
Parasitologie interne - Clinique

Chaire de Séméiologie et Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores.
Professeur titulaire. . . . . M. **Florio**
Professeur sans Chaire. . . . . **Lescure**
Maître-Assistant. . . . . **Guelfi**
Séméiologie et Pathologie Médicale des Equidés et Carnivores
Législation Vétérinaire et Déontologie - Clinique

Chaire de Pathologie Médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour.
Professeur titulaire. . . . . M. **Tournut**
Professeur sans Chaire. . . . . **Espinasse**
Maître-Assistant. . . . . **Bézille**
Séméiologie et Pathologie Médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour - Clinique
Clinique ambulatoire

Chaire de Pathologie Chirurgicale.
Professeur titulaire. . . . . M. **Cazieux**
Propédeutique et Séméiologie Chirurgicale
Technique Chirurgicale - Pathologie Chirurgicale

Chaire de Pathologie de la Reproduction.
Professeur titulaire. . . . . M. **Berthelon**
Professeur sans Chaire. . . . . **Royal**
Maître-Assistant. . . . . **Tainturier**
Séméiologie et Propédeutique
Pathologie de la Reproduction - Obtétrique - Clinique

Chaire de Maladies Contagieuses - Zoonoses - Législation Sanitaire.
Professeur titulaire. . . . . M. **Saurat**
Maître-Assistant Agrégé. . . . . **Chantal**
Maladies Contagieuses - Zoonoses
Législation Sanitaire

Chaire de Pathologie générale - Microbiologie - Immunologie.
Professeur titulaire. . . . . M. **Lautié**
Maître-Assistant. . . . . **Meignier**
Microbiologie - Immunologie - Pathologie générale

Chaire de Zootechnie et Economie Rurale.
Professeur titulaire. . . . . M. **Queinnec**
Maître-Assistant. . . . . **Darre**
Ethnologie - Génétique appliquée - Hygiène générale
Zootechnie - Elevage
Economie générale et des Productions animales

Chaire d'Alimentation.
Professeur titulaire. . . . . M. **Faliu**
Maître de Conférences, non non chef deservice, **Griess**
Botanique appliquée et Bromatologie
Agronomie - Alimentation

COURS COMPLEMENTAIRES — CHARGES D'ENSEIGNEMENT

Antibiothérapie des Maladies Infectieuses. . . . . MM. **Monnier**
Aspect médical des Zoonoses. . . . . **Armengaud**
Energétique. . . . . **Labouche**
Initiation à l'Informatique Biomédicale. . . . . **Fernet**
Agronomie. . . . . **Combret**
Métabolismes. . . . . **Raynaud**

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats
(Délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924)

UNIV. LEIDEN BIBL.

Nous remercions M. BUENO, Assistant de Recherche
de nous avoir aidé
pour la mise en place des ballonnets
et la manipulation des enregistreurs.

Nous remercions le Secrétariat
et l'ensemble du Personnel du laboratoire
de son obligeance et de son dévouement.

A NOS PARENTS

A NOS AMIS

A NOS MAITRES

A CEUX QUI ONT BIEN VOULU JUGER

NOTRE HUMBLE TRAVAIL

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR BESSOU

A NOTRE JURY DE THÈSE :

MONSIEUR LE PROFESSEUR RUCKEBUSCH

MONSIEUR LE PROFESSEUR PAVAUX

SOMMAIRE

INTRODUCTION.

Première partie. — Données méthodologiques.

Chapitre I Nature des enregistrements.

1. Mastication et déglutition.
2. Pressions endocavitaires.

Chapitre II Lecture des tracés.

1. Expression des résultats.
2. Interprétation des tracés.

Deuxième partie. — Mouvements de mastication et motricité rumino-réticulaire.

Chapitre I Données anatomofonctionnelles.

1. Articulation temporo-maxilliaire.
2. Le réticulo-rumen.

Chapitre II Analyse des mécanogrammes obtenus.

1. Mouvements de la mâchoire.
2. Pressions rumino-réticulaires.

Troisième partie. — Modifications spontanées et variations provoquées du comportement.

Chapitre I Variations spontanées.

1. Variations individuelles.
2. Variations interindividuelles.

Chapitre II Modifications provoquées.

1. Mode de préservation de l'aliment.
1. Mode de présentation de l'aliment.
3. Abreuvement.
4. Absence de débubitus.

CONCLUSION GÉNÉRALE.

INTRODUCTION

Il n'est plus nécessaire aujourd'hui de faire ressortir les avantages de la méthode graphique dans les sciences expérimentales. Le développement rapide que l'emploi de cette méthode a pris, depuis quelques années, montre que tout le monde a compris quels services elle peut rendre partout où elle est applicable; aussi la voit-on s'introduire peu à peu dans toutes les branches de la science...

La construction de quelques courbes sur le papier dégage d'une statistique ou d'une observation tous les résultats qu'elle contient. Mais l'importance de la méthode graphique est plus grande encore lorsque, au moyen d'appareils inscripteurs elle nous livre directement la courbe du phénomène étudié.

MAREY, in *Physiologie expérimentale,* 1875, chap. IV. Méthode graphique dans les sciences expérimentales, p. 123.

Actuellement les études relatives à l'alimentation des bovins concernent la quantité d'aliments ingérés et l'utilisation digestive de ceux-ci; c'est ainsi que sont précisés les rôles de l'apport énergétique, l'état de réplétion des pré-estomacs, la digestibilité et le transit de la ration, etc. Le rythme d'activité de l'animal, c'est-à-dire la succession de périodes d'ingestion alimentaire et de rumination, ne figure qu'exceptionnellement dans de telles études. Pourtant, il reflète aussi bien que la quantité ingérée le degré d'adaptation de l'animal aux conditions d'élevage, en particulier, aux modifications de l'état physiques des aliments, à la mécanisation de leur distribution et à l'absence de soins individuels caractéristiques des méthodes actuelles de l'élevage intensif.

— Observe-t-on des variations dans l'emploi du temps d'un bovin qui, en stabulation, nourri de fourrages grossiers, rumine de 7 à 8 heures par 24 heures, lorsque brusquement celui-ci ne reçoit plus que du foin condensé (broyé et aggloméré en bouchons) ?

— Comment réagira-t-il à un mode de présentation ou à un rythme de distribution différent des aliments ?

— Que deviennent les contractions périodiques du réticulo-rumen ?

— L'enregistrement chez un herbivore ruminant du mouvement des mâchoires et de celui des contractions gastriques ne représenterait-il pas un élément suffisant pour juger de son adaptation à un haut niveau d'ingestion ?

Ces questions méritent d'être posées car elles concernent deux aspects comportementaux majeurs, dont l'analyse est accessible, dans le cas de la stabulation entravée, à une méthode graphique simple, ne nécessitant aucune préparation chirurgicale complexe ou pertubatrice.

Notre objectif précis est l'étude des informations qu'il est possible de recueillir à partir d'un tel enregistrement. Il correspond à l'étude du comportement alimentaire et du rythme d'activité que présentent des bovins adultes à l'étable et recevant du foin long ou broyé-aggloméré *ad. lib*...

Les deux paramètres choisis pour cette étude sont les mouvements de la mâchoire et les pressions intra-ruminales. Les premiers traduisent à eux seuls la nature, la durée, l'intensité des actes alimentaires; les seconds, grâce à leurs variations, nous permettent de suivre la motricité du réticulo-rumen, nous renseignent aussi sur la station de l'animal (debout - decubitus droit ou gauche) et nous permettent de localiser avec certitude les véritables périodes d'ingestion de l'animal.

Les renseignements fournis sont-ils suffisamment explicites par rapport aux données polygraphiques ? Sont-ils révélateurs de l'importance des modifications qui surviennent lorsque le rythme de distribution des repas varie ou dans le cas de l'impossibilité de décubitus ? Dans quelle mesure une méthode graphique simple et peu onéreuse permet-elle d'apprécier les réactions de l'individu à son environnement ?

La première partie de ce travail sera consacrée aux aspects méthodologiques de la méthode graphique préconisée, en particulier aux raisons du choix de la méthode des ballonnets pour l'étude des mouvements de mastication et celle de la fréquence des contractions rumino-réticulaires, par rapport aux multiples possibilités des transducteurs (électro-magnétiques ou à pont de jauges).

La deuxième partie envisage la nature des informations complémentaires recueillies par l'examen simultané des deux mécanogrammes en ce qui concerne le comportement alimentaire proprement dit et le rythme d'activité.

La troisième partie est d'ordre expérimental. Outre les variations intra ou interindividuelles, sont examinées les modifications liées à l'état physique de la ration, à l'horaire de distribution des repas, à l'impossibilité de décubitus, à l'abreuvement.

PREMIÈRE PARTIE

DONNÉES MÉTHODOLOGIQUES

Chapitre I. — Nature des enregistrements.

Chapitre II. — Lecture des Tracés.

« Voici le principe de la transmission des pressions au moyen de tubes à air. Soit deux ampoules de caoutchouc B et A pleines d'air et reliées entre elles par un long tube de caoutchouc. Si on comprime l'ampoule B, une partie de l'air qu'elle renferme est expulsée par le tube et passe dans l'ampoule A qui se gonfle. Si la pression cesse, l'air repasse en B et l'ampoule A se dégonfle.

Admettons que l'ampoule B soit introduite dans un ventricule du cœur et que l'ampoule A soit placée sous un levier semblable à celui du sphygmographe, les systoles du ventricule seront signalées par l'élévation, et les diastoles par l'abaissement du levier ».

MAREY.

CHAPITRE PREMIER

NATURE DES ENREGISTREMENTS

Les expériences ont été effectuées sur des bovins en stabulation entravée, s'abreuvant librement (abreuvoir automatique individuel) et recevant en excès du foin de graminées à heures fixes (8 h et 18 h) dans un ratelier permettant la récupération des refus. Un éclairage permanent faible autorise l'observation des animaux pendant les enregistrements nocturnes. La température du local est fixée à 18°C ± 0,1.

1. Mastication de déglutition

Un licol muni d'un ballonnet relié par voie pneumatique à un tambour à levier permet de détecter les mouvements de la région de l'auge. Par analogie avec la nomenclature utilisée en hippiâtrie, le licol utilisé comprend : une bride de cuir placée derrière les cornes et correspondant au « dessus de tête » ou « têtière » (fig. 1-a), deux brides se réunissant inférieurement formant la « sous-gorge » (fig. 1-b), une « muserolle » enserrant l'extrémité antérieure de la face et passant sur le chanfrein (fig. 1-c), deux « montants » reliant chacun latéralement la muserolle (les bords du « dessus de nez ») à l'extrémité inférieure de la « têtière » (fig. 1-d), une « alliance » reliant le milieu de la « sous-barbe » de la muserolle et le milieu de la « sous-gorge » (fig. 1-e).

Le système d'inscription comprend un ballonnet explorateur et un tambour reliés entre eux par un tuyau de caoutchouc (diamètre intérieur : 4 mm; diamètre extérieur : 9 mm).

L'exploration des mouvements de la mâchoire inférieure (mandibule) exige la fixité du ballonnet au milieu de l'alliance du licol. Rempli de mousse de polyuréthane le ballonnet est maintenu sous un certain volume au repos, l'abaissement de la mâchoire réduit celui-ci de 10 à 20 %, l'augmentation de pression correspondante est (dans le cas d'un système clos et étanche) transmise intégralement au tambour à levier par l'intermédiaire d'un tuyau de caoutchouc d'environ 4 m de longueur.

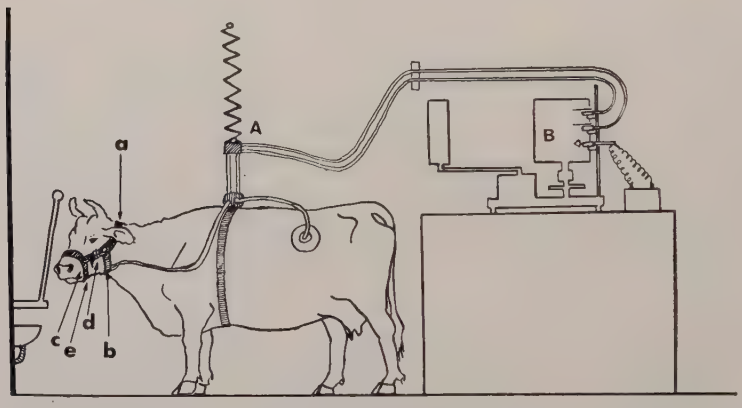

FIGURE 1 : *Dispositif d'enregistrement des mouvements de mastication et de la fréquence des contractions gastriques chez la vache.*

Les tuyaux qui réunissent les ballonnets au cylindre enregistreur (B) sont maintenus au niveau du garrot par une courroie.

Un ressort (A) évite leur élongation lorsque l'animal se couche. Les flèches (a, b, c, d, e) indiquent les différentes parties du licol.

Les tambours enregistreurs sont constitués par une cuvette en laiton embouti, recouverte d'une membrane de caoutchouc tendue. Les variations de pression à l'intérieur du tambour provoquent des déformations de la membrane. Celle-ci communique les mouvements à un levier porteur d'une plume d'inscription : la sensibilité du levier étant réglable en fonction du point d'application du mouvement.

Le tambour à levier de MAREY avec excentrique de remise au point (Etablissements BOULITTE, rue Bobillot, Paris) possède une cuvette profonde d'un centimètre et d'un diamètre de cinq centimètres. La plume d'inscription présente

sa pointe appliquée sur le noir de fumée recouvrant la bande de papier de deux mètres d'un kymographe (Etablissements Couprie, quai Claude-Bernard, Lyon), tournant à faible vitesse (7 ou 14 cm par heure).

Discussion

La mâchoire inférieure seule est mobile. La forme initiale du ballonnet est reprise grâce à la mousse de polyuréthane. Le tracé obtenu reproduit, de ce fait, fidèlement l'ensemble des phénomènes actifs et passifs.

La position médiane du ballonnet sur l'alliance s'est avérée importante par rapport aux deux positions extrêmes possibles.

La position antérieure i.e. à la jonction muserolle-alliance prédispose le ballonnet à l'enregistrement des artéfacts dus aux contacts extérieurs de la mâchoire contre le ratelier en particulier lors de la prise de nourriture. L'enregistrement exige du reste dans ces conditions une application étroite de la muserolle contre la mâchoire, ce qui risque de gêner un animal sensible.

La position postérieure i.e. à la fixation alliance-sous-gorge permet de déceler nettement les mouvements pharyngiens de déglutition, mais à ce niveau les mouvements des mâchoires n'ont qu'une amplitude réduite.

Au milieu de l'alliance, le ballonnet est alors placé sous le muscle mylo-hyoïdien, ainsi il enregistre à la fois l'abaissement de celui-ci lors de déglutition et la compression due à l'abaissement de la mâchoire. La simple observation d'un tracé obtenu dans ces conditions, permet de différencier la mastication liée à l'ingestion des aliments, les accidents de déglutition salivaire ainsi que ceux de la mastication mérycique. Lorsque l'animal est couché, l'appui de la tête sur le sol est également identifié (voir fig. 11).

Schématiquement, l'abaissement de la mâchoire provoque une variation de pression sur le ballonnet maintenu en place par le licol. Celle-ci, transmise au tambour à levier, s'inscrit sous la forme d'un tracé ascendant. Une même variation de pression provoquera toujours une même déformation de la

membrane, mais en raison de la propriété des membranes élastiques, celle-ci ne suivra pas une loi proportionnelle pour des pressions élevées (Loi de WERTHEIM). Le passage de liquide ou d'un bol alimentaire au niveau du pharynx induit également, au temps bucco-pharyngien de la déglutition, une déformation de la région mylo-hyoïdienne. La ligne de base du tracé, théoriquement linéaire lorsque les mâchoires sont immobiles, présentera alors un accident de faible amplitude.

Le tracé normal de prise de nourriture est celui d'une série d'accidents d'amplitude et de rythme variables, alors que dans le cas particulier de la rumination, la séquence particulière des mouvements des mâchoires regroupés en autant de cycles que de bols méryciques donne une allure caractéristique au tracé.

Celui-ci s'individualise par un accident de forte amplitude au moment de la régurgitation du bol et une remarquable régularité des coups de mâchoires. Chaque cycle se trouve ainsi annoncé par un accident carractéristique suivi d'une série d'accidents d'égale intensité. Au cours d'une période de rumination, les cycles se succèdent sans interruption, à la vitesse de 14 cm/heure, ils sont représentés par une série de surfaces identiques régulièrement hachurées et séparées par un intervalle de quelques secondes correspondant au temps de latente déglutition-réjection.

2. PRESSIONS ENDOCAVITAIRES

Les variations de la pression intra-ruminale sont mesurées de façon analogue à celle décrite pour les mouvements de la mâchoire (tambour à levier - cylindre enregistreur). La plume d'inscription est placée sur la même génératrice du cylindre que celle des mouvements de la mâchoire en vue de saisir l'ordre de succession des phénomènes bucco-pharyngés et rumino-réticulaires.

Le système d'exploration présente les particularités suivantes : chez l'animal muni d'une fistule du rumen à la hauteur du creux du flanc gauche, un bouchon traversé

par une tige métallique maintient à la surface des ingesta au niveau du sac dorsal postérieur (fig. 2-A) un ballonnet (8 × 3 cm) rempli de mousse de polyuréthane; pour le réseau un ballonnet similaire est lesté par une masse métallique de 30 g (fig. 2-B).

Chez l'animal sans fistule la ponction du creux du flanc gauche à l'aide d'un trocart de fort diamètre permet de glisser vers le réseau un tuyau de caoutchouc soutenu par une tige de fer de 2 à 3 mm de diamètre courbée et orientée vers le bas dès sa mobilisation par la coupole diaphragmatique. L'extrémité de ce tuyau est munie d'un ballonnet contenant 30 cm^3 d'eau ou lesté d'une vingtaine de billes d'acier de taille appropriée (2 mm de diamètre).

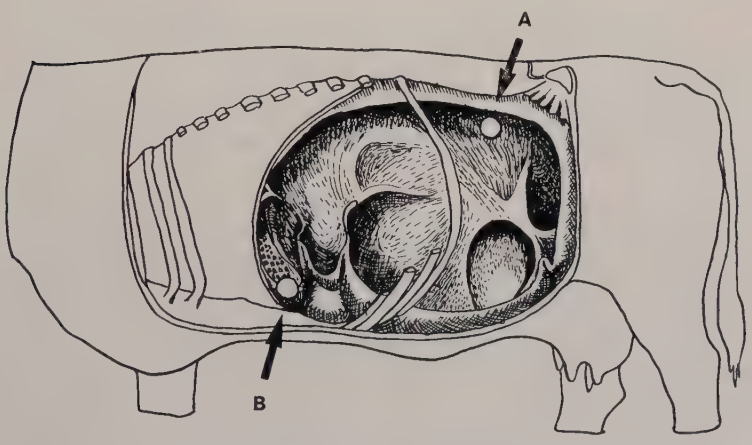

FIGURE 2 : *Position des ballonnets dans le réticulo-rumen.*
La présence d'une fistule permet de placer un ballonnet dans le sac dorsal postérieur du rumen (A) et dans le réseau en suivant le bord supérieur de la paroi ruminale (B).

DISCUSSION

La méthode ne prévoit aucune intervention chirurgicale importante des animaux et n'exige aucune préparation particulière pour les enregistrements. Toutefois, la présence d'une fistule facilite l'accès au sac dorsal du rumen et au réseau, et permet le remplacement méthodique hebdomadaire

des ballonnets qui perdent progressivement leur sensibilité par tassement de la mousse. Elle permet l'emploi d'un ballonnet volumineux, ce qui évite une mobilisation dans la masse des ingesta et favorise le contact avec les parois. Les variations de pression mesurées correspondent, en effet, à la contraction proprement dite du rumen à l'endroit où est situé le ballonnet. Sont ainsi enregistrés des cycles simples, mais aussi des cycles doubles du reticulo-rumen d'où l'allure polyphasique apparente de certains tracés (voir fig. 7).

Cette méthode permet néanmoins d'individualiser les cycles simples qui correspondent à la séquence réseau-rumen et les cycles doubles dans lesquels il y a deux contractions successives du rumen pour une réponse réticulaire.

Six types de contractions rumino-réticulaire ont été décrits (Ruckebusch et Kay, 1971) il est possible de différencier à partir du mécanogramme du sac dorsal du rumen les cycles de type 3 par rapport à ceux du type 4, 5 et 6 (voir fig. 7).

— Pour les *cycles simples* on trouve les séquences :

1. contraction du réseau, puis du sac dorsal (très rare);
2. contraction du réseau et du sac dorsal, puis du sac ventral.

— Pour les *cycles doubles ou complets,* les séquences sont :

3. contraction du réseau et du sac dorsal comme en 1, puis du sac dorsal et du sac ventral;
4. contraction du réseau, du sac dorsal et ventral comme en 2, suivie d'une contraction du sac dorsal et ventral;
5. contraction du réseau et du sac dorsal comme en 1, suivie après un intervalle variable d'une contraction du sac ventral postérieur, du sac dorsal et du sac ventral.
6. contraction du réseau, du sac dorsal et ventral comme en 2, suivie d'une contraction du sac ventral postérieur, du sac dorsal et ventral comme en 5.

La figure 3 permet de suivre la chronologie des différentes contractions.

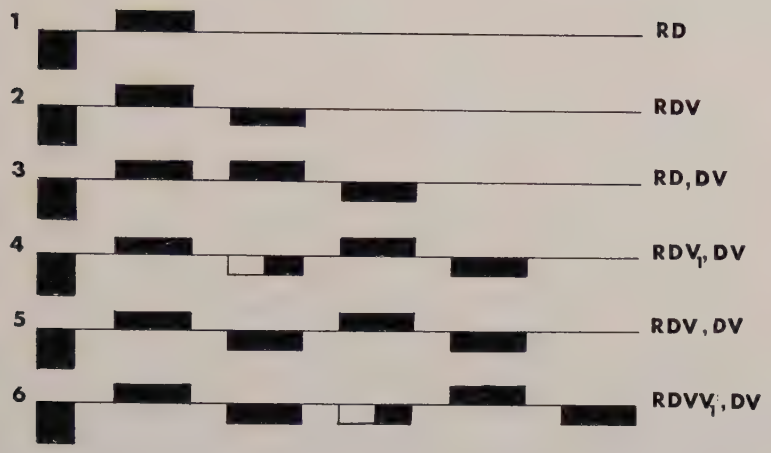

FIGURE 3 : *Représentation schématique des cycles rumino-réticulaires.* Les contractions réticulaires (R) sont représentées par un carré noir; celles du rumen par des rectangles noirs. Le rectangle situé au-dessus de la ligne de base représente le sac dorsal du rumen (D) et au-dessous de cette ligne, le sac ventral (V). Le sac ventral postérieur, dont l'individualité fonctionnelle est grande, est schématisé par un rectangle à demi-noirci (V_1). En 1 et 2, cycles simples; en 3, 4, 5 et 6, cycles doubles.

Comme seule la contraction du sac dorsal du rumen au niveau du ballonnet provoque une augmentation nette de la pression, un seul accident s'observe dans le cas des cycles 1 et 2; par contre, pour les cycles 3, 4, 5 et 6 deux accidents plus ou moins rapprochés sont de règle. La seconde contraction étant moins intense que la première, l'amplitude du second accident est moins grande.

CHAPITRE II

LECTURE DES TRACES

L'enregistrement des mouvements des mâchoires à la vitesse minimale de 14 cm/heure est nécessaire pour la comparaison précise entre plusieurs nycthémères. Les renseignements recueillis concernant le comportement alimentaire de l'animal sont aisément interprétés. La base de temps en minute enregistrée au bas de la feuille permet de vérifier la régularité de défilement du papier et de calculer la durée respective des différentes périodes de prise de nourriture, de repos et de rumination; ces dernières peuvent être décomposées en cycles méryciques dont on calcule les durées moyennes et individuelles. Le nombre de coups de mâchoires par cycle mérycique ne peut toutefois être évalué que pour une vitesse d'enregistrement plus grande (voir plus loin).

Connaissant les valeurs de temps consacrées aux actes alimentaires de l'animal et la quantité d'aliment réellement ingérée, il est intéressant d'établir comme l'a suggéré Skouri (1966) deux rapports :

— la quantité ingérée dans l'unité de temps de prise de nourriture (en kg/mn) qui caractérise chez l'animal sa vitesse d'ingestion;

— le temps moyen de rumination en fonction de la quantité d'aliment ingérée (mn/kg), ce rapport indiquant le temps nécessaire à la réduction de la taille des particules alimentaires ainsi que l'aptitude à la réaliser.

D'ailleurs, il semble que pour un animal donné et un aliment donné, il y ait une relation directe entre la quantité ingérée et le pourcentage de rumination par nycthémère.

1. Expression des résultats

Le dépouillement visuel d'un tracé obtenu à la vitesse de 7 ou 14 cm/heure permet de faire une distinction nette entre les périodes de rumination et de prise de nourriture, avec une erreur maximale de 10 à 20 minutes sur un nycthémère. Le rapport de la durée de chacune de ces périodes pour un enregistrement de 24 heures fournit un pourcentage dont la valeur est entachée d'une erreur relative maximale de 1 à 2 %.

Le nombre des cycles méryciques pour chaque période de rumination est toujours chiffré exactement. Le nombre de coups de mâchoires par cycle mérycique ou vitesse de mastication mérycique varie d'un cycle à l'autre au cours d'une même période de rumination. Cette variation due certainement à l'état de vigilance de l'animal ne peut être déterminée qu'à partir d'un tracé obtenu à une vitesse de 140 cm/heure.

La quantité d'aliment ingéré permet le calcul de la vitesse d'ingestion (kg/mn) et du temps moyen de rumination (mn/kg).

Il ne nous est pas apparu nécessaire de ramener cette quantité au poids de matière sèche par kilogramme de poids vif, les sujets n'ayant présenté pour un aliment unique aucune variation pondérale significative durant la totalité des essais.

Une loupe permet de mieux définir la durée des différents phénomènes et d'analyser certaines données échappant au dépouillement à l'œil nu. Le stéréomicroscope muni d'un « zoom » s'est avéré précieux en raison de la variation possible du grossissement. Les trois jeux d'oculaires 4 x, 10 x et 25 x fournissent avec un objectif n° 10, un champ visuel de 3, 2 et 1 mm de diamètre. Ce pouvoir de définition est supérieur à celui de la trace de la plume sur le papier.

L'enregistreur magnétique branché sur le même système pneumatique explorateur nous a permis, dans certains cas, de mieux préciser quelques détails dans le déroulement des

divers phénomènes. Cela nous a fait, en outre, contrôler en permanence l'enregistrement graphique obtenu.

Au lieu d'être transcrites sur noir de fumée, les variations de pression dans le système pneumatique sont transformées en signaux électriques à l'aide d'un transducteur et enregistrée sur bande magnétique (Analog 7 - Philips) à la vitesse de 2,4 cm/s. La lecture se fait avec des étalements dans le rapport 1/32 pour 76 cm/s. et dans des rapports intermédiaires pour 9,6 et 38 cm/s.

2. Interprétation des traces

Le contrôle électromyographique des mouvements de mastication a été réalisé à partir d'électrodes d'acier émaillé de 120 microns de diamètre fixées dans les muscles masseters du côté droit et du côté gauche en vue de différencier les phases de mastication unilatérale droite ou gauche durant une même période de rumination (Ruckebusch, Fargeas et Dumas, 1970).

La durée et l'intensité de la contraction des muscles lisses du rumen peuvent être obtenues à partir d'électrodes séreuses, muqueuses ou transpariétales (Ruckebusch, Grivel et Santini, 1968). Cette méthode permet, en outre, d'instaurer un contrôle à long terme. Des fils d'acier émaillé de 200 microns de diamètre, dénudés par chauffage à leurs extrémités sont fixés à demeure à 2 mm d'intervalle dans les couches musculeuses de la paroi du sac dorsal du rumen. Ils sont reliés directement pour les enregistrements au panneau d'entrée d'un polygraphe (Reega VIII Alvar).

L'implantation des électrodes est réalisée sous anesthésie paravertébrale gauche, 10 cm en avant de la canule du rumen.

Les potentiels très denses recueillis durant les premiers jours consécutifs à l'implantation y compris dans l'intervalle des contractions correspondent probablement au traumatisme pariétal et à des artefacts de mouvements. Au-delà de 10 jours, la réaction fibroséreuse au point d'implantation solidarise les électrodes à la paroi et seules persistent des

bouffées de potentiels liées à la contraction pariétale. Leur fréquence et la durée des salves fournissent alors un indice précis et fidèle de l'intensité de la contraction.

Le contrôle électro-encéphalographique à partir de 8 vis argentées (2 mm de diamètre) placées en zones occipitale et pariétale droite et gauche, à 20 mm d'intervalle et à 50 mm du plan saggital, au contact de la dure-mère, permettent de vérifier l'état de vigilance du sujet au cours des ralentissements de la motricité (Ruckebusch et Bell, 1971). L'ouverture et la fermeture du sinus frontal à l'aide d'une résine auto-polymérisable sont nécessaires pour obtenir à long terme des tracés parfaitement lisibles.

Les fils de connexion, ramenés le long de la zone temporale entre la base de la corne et celle de l'oreille, sont fixés à la têtière du licol puis au garrot, où est amené le panneau d'entrée du polygraphe.

Les contrôles manométriques de la pression endocavitaire ont été effectués chez les sujets munis de fistules grâce à des transducteurs à jauge de contrainte placés directement à l'intérieur de la cavité réticulaire ou du sac dorsal postérieur du rumen. L'élément sensible du transducteur (Statham P 23 Db) est engagé soit dans un ballonnet en caoutchouc contenant 15 à 20 ml d'eau, soit dans un ballonnet protégé par un cylindre d'aluminium muni d'une dizaine d'orifices en vue d'éviter les artefacts dus au contact de la paroi essentiellement pour le réseau (Ruckebusch et Kay, 1971).

Ce procédé permet de mettre en évidence la transmission des pressions d'une zone à l'autre à l'intérieur du rumen, en particulier, celle enregistrée au niveau du sac dorsal à la suite de la contraction du sac ventral et partant de différencier dans l'allure polyphasique d'une courbe de pression les accidents sans relation avec la motricité de la zone explorée.

En conclusion la technique d'enregistrement retenue, à savoir l'étude des variations qualitatives de pression dans les ballonnets placés sous les mâchoires et dans le rumen, transcrites sur noir de fumée à la vitesse de 14 cm par heure,

constitue une méthode graphique simple d'analyse du comportement de l'animal en stabulation. Le dépouillement visuel des données recueillies dans de telles conditions est aisé.

Une telle méthodologie peut donc être considérée comme satisfaisante en regard des résultats plus précis fournis par l'étalement des courbes, les contrôles électro-encéphalographiques des états de vigilance et les données électromyographiques relatives à la durée et à l'intensité des phénomènes moteurs.

DEUXIÈME PARTIE

MOUVEMENTS DE MASTICATION

ET MOTRICITÉ RUMINO-RÉTICULAIRE

Chapitre I. — Données anatomo-fonctionnelles.

Chapitre II. — Mécanogrammes correspondants.

« L'observation seule, peut nous faire connaître les phénomènes dont nous voulons découvrir les lois.

C'est pourquoi, je cherche autant à détruire mon hypothèse qu'à la vérifier; je cherche en un mot avec l'esprit libre et c'est pourquoi il m'est arrivé si souvent de trouver des choses que je ne cherchais pas en en cherchant d'autres, que je ne trouvais pas.

Le vrai doit être le but de nos études. Il ne faut pas se laisser satisfaire par la vraisemblance qui est un véritable danger. »

Cl. Bernard, 1877. *Introduction au traité de l'expérience dans les sciences médicales.*

CHAPITRE PREMIER

DONNÉES ANATOMO-FONCTIONNELLES

Les données qui vont suivre sont indispensables à la compréhension de la nature des phénomènes qu'il est possible de déceler ou non par la mesure des variations de pression au niveau d'un ballonnet placé en région sous-maxillaire ou dans le sac dorsal du rumen.

1. Articulation temporo-maxillaire

Le maxillaire est le plus volumineux des os du massif facial. Il donne implantation aux dents molaires supérieures; complété rostralement par l'os incisif ou intermaxillaire, il constitue la partie essentielle de la mâchoire supérieure. Chez le bœuf, le corps de l'incisif est mince, très aplati de dessus en dessous, terminé par un bord arrondi ne montrant aucune alvéole. Le bord médial du corps est également mince et reste séparé de son opposé par un intervalle ou fissure interincisive (fissura interincisiva) (fig. 5-a). Chez le mouton, l'incisif également dépourvu de dents est relativement plus réduit que chez le bœuf; il est terminé rostralement en une pointe mousse.

La mandibule ou maxillaire inférieur, est un os plat, donnant implantation aux dents inférieures (fig. 4-a). Sa partie incisive est aplatie de dessus en dessous et porte quatre alvéoles pour les dents incisives. La portion molaire porte six alvéoles de taille croissante d'avant en arrière, nettement moins développées que celles du maxillaire correspondant. La branche mandibulaire est étroite et peu étendue. Le condyle, peu volumineux, est aplati dorso-ventralement et

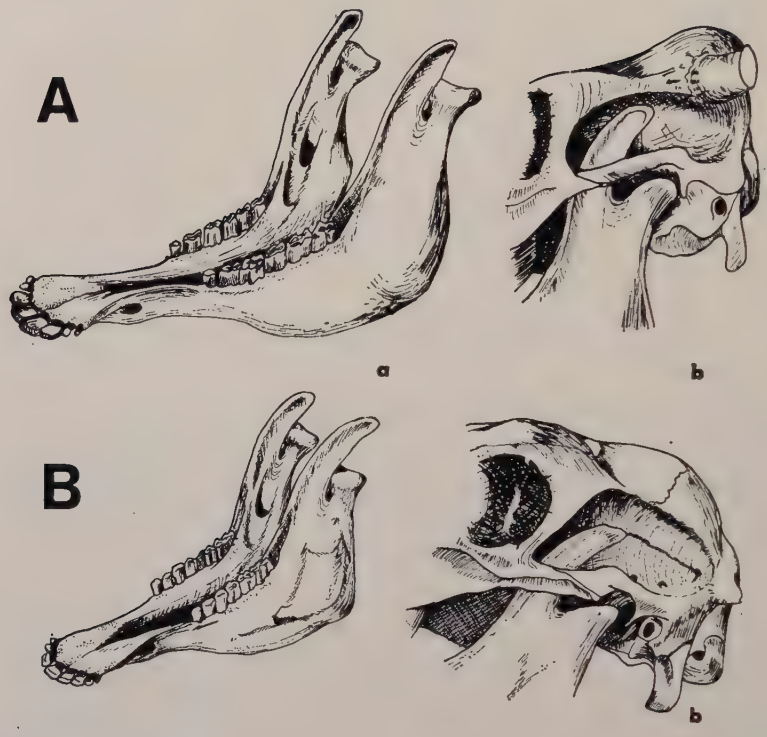

FIGURE 4 : *Mandibule et articulation temporo-mandibulaire des ruminants.*

La mandibule (a) s'articule au niveau d'une large fosse située inférieurement sur l'apophyse zygomatique (b) chez la vache (A). Même disposition chez le mouton (B).

beaucoup plus saillant du côté médial que du côté latéral; il est convexe d'avant en arrière et légèrement concave d'un côté à l'autre.

L'apophyse coronoïde est très haute et pointue chez le bœuf et le mouton. Chaque condyle vient s'articuler dans une large fosse mandibulaire située inférieurement sur l'apophyse zygomatique du temporal (fig. 4-b). Une grande liberté de mouvements caractérise une telle articulation : la branche mandibulaire peut effectuer des déplacements comparables à ceux d'une charnière, d'une glissière et d'un engrenage (RIGLER et MLINSEK, 1968).

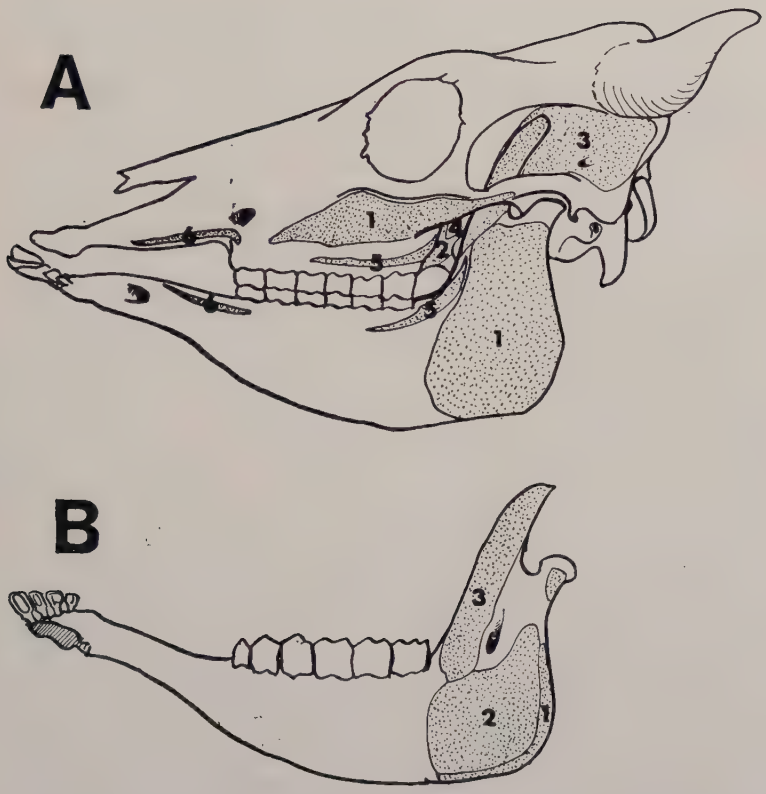

FIGURE 5 : *Insertion des muscles masticateurs chez la vache.*
1. m. masseter; 2. m. ptérygoïdien médial; 3. m. temporal; 4. m. ptérygoïdien latéral; 5. et 6. parties profonde et superficielle du m. buccinateur.

Les muscles moteurs de la mandibule sont le muscle temporal qui relie la fosse temporale à l'apophyse coronoïde (fig. 5-A), le muscle masseter fixé sur la face latérale de la mandibule et sur la crête faciale (fig. 5-B), les muscles pterygoïdiens (médial et latéral) (fig. 5-A et B) qui s'insèrent d'une part sur l'apophyse ptérygoïde le crochet pterygoïdien et la lame perpendiculaire du palatin d'autre part sur la face interne des branches montantes de la mandibule.

Par rapport à une branche mandibulaire, la contraction unilatérale d'un groupe de muscles provoque un mouvement de diduction de la mandibule, leur contraction glo-

bale ramenant la mandibule dans la position médiane, d'où le mouvement de « meule dentaire ». Le rôle du muscle buccinateur (fig. 5 A_5 et A_6) est de faire glisser les aliments régurgités entre les tables dentaires en mouvement.

La langue, grâce à sa musculature et sa protubérance dorsale (torus) joue un rôle actif. Lors de la régurgitation, elle interdit le passage direct des aliments dans la cavité buccale; ceux-ci sont littéralement injectés entre les arcs dentaires et les joues par une sorte de mouvement en soufflet (Rigler et Mlinsek, 1968).

La formule dentaire des bovins et ovins :

$$I = \frac{0\ 0\ 0\ 0}{I_1\ I_2\ I_3\ I_4} \qquad C = \frac{0}{C}$$

$$PM = \frac{PM_2\ PM_3\ PM_4}{PM_2\ PM_3\ PM_4} \qquad AM = \frac{AM_1\ AM_2\ AM_3}{AM_1\ AM_2\ AM_3}$$

est caractérisée par la présence de trois pré-molaires (PM) et de trois arrière-molaires (AM). L'éruption de ces dents s'effectue entre 18 mois et 3 ans pour les premières et entre 6 mois et 2 ans pour les secondes. L'ensemble molaires-pré-molaires forme une table dentaire séparée des 4 incisives (1) par les barres dont l'excitation mécanique de la muqueuse provoque généralement chez le mouton, une contraction caractéristique du réseau (Borgatti et Matscher, 1958). La différence de dureté entre l'ivoire et l'émail entraîne sur la table d'usure de chaque dent la formation de reliefs dont le dessin évoque un croissant (sélénodontes). La table d'usure des dents maxillaires est deux fois plus large que celle des dents de la mandibule, ce qui nous fait mieux comprendre l'importance des mouvements de diduction : la table fixe sur laquelle les aliments sont triturés est la plus large mais le rôle actif est dévolu à celle de la mandibule plus étroite et plus maniable. Lors de la mastication (initiale ou mérycique), le contact s'effectue toujours d'un seul côté à la fois en raison de l'étroitesse de la mandibule : l'occlusion est dite d'anisognathie.

Les bovins possèdent deux glandes parotides et deux

glandes sous-maxillaires. La salive parotidienne est fluide : elle sert à imprégner les aliments et facilite leur mastication; la salive sous-maxillaire favorise par sa viscosité la déglutition. La sécrétion salivaire est déclenchée par voie réflexe à partir de :

— la muqueuse gingivale (Kay, 1958);

— la zone œsophago-gastrique (Clark et Weiss, 1952);

— la distension de l'orifice réticulo-omasal, du cardia ou par le frottement de repli rumino-réticulaire (Comline et Titchen, 1957; Ash et Kay, 1959).

Ainsi s'explique le renforcement de la sécrétion salivaire au cours de la prise de nourriture et de la rumination. Une idée de l'ampleur de la sécrétion salivaire chez le mouton est donnée par le fait que le poids de salive sécrétée en 2 mn est égal à celui de la glande (Kay, 1958). Le volume total de la salive sécrétée en une journée chez un bovin est égal à 3 ou 4 fois le volume de l'eau bue augmenté de celui de l'eau contenue dans les aliments ingérés (Baile, 1968). A l'herbage, il existe une corrélation satisfaisante entre la fréquence de déglutition (1,18ml/mn) et la sécrétion salivaire moyenne (75,3 ml/mn) — selon le même auteur.

Si on représente schématiquement la mandibule par un levier ABC, articulé autour de A dans la fosse mandibulaire (fig. 6-1), on peut considérer que trois groupes de forces s'appliquent : en 1, le m. masseter responsable d'un mouvement de diduction; en 2, les m. pterygoïdiens qui obligent la table dentaire inférieure H à réaliser le parcours F-G; en 3, le m. temporal dont l'action sur E conjuguée avec 1 et 2 réalise une oblitération complète de l'espace situé entre les tables dentaires supérieures et inférieures. La mise en jeu de la « meule dentaire » dans la rumination s'effectue donc par le relâchement des muscles avec abaissement de la mâchoire, puis contraction en 1 et 2 provoquant le mouvement de diduction; enfin, retour à la position médiane avec mise en jeu de la contraction en 3.

Au cours de la mastication mérycique, les mouvements de la mandibule sont unilatéraux chez les bovins (fig. 6,

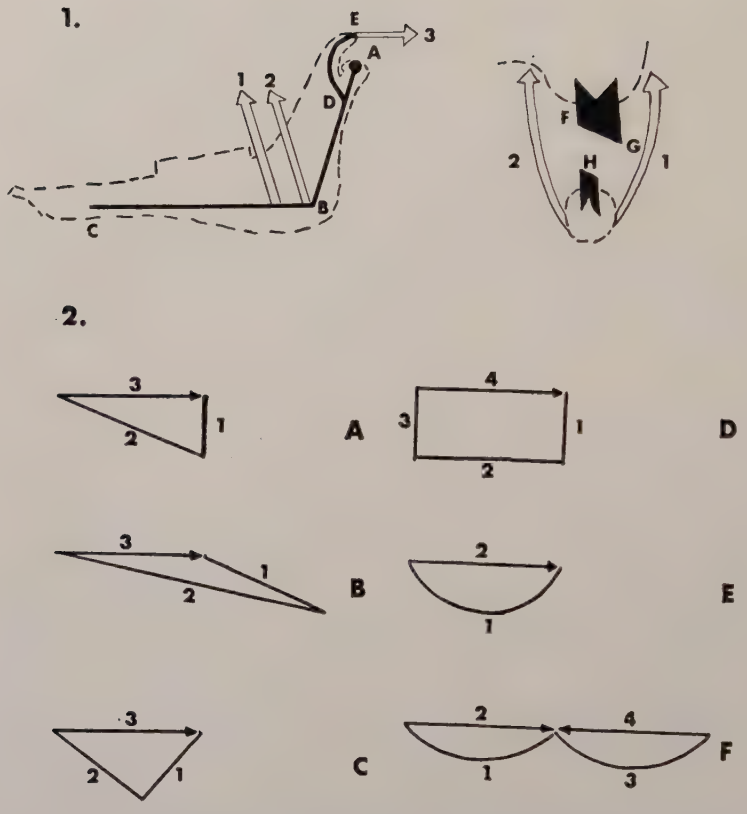

FIGURE 6 : *Mouvements de la mandibule et croisement des tables dentaires.*

En 1, les flèches correspondent aux tractions exercées par la contraction des muscles masseters (1), ptérygoïdiens (2) ou temporaux (3). Le schéma de droite correspond au mécanisme d'occlusion des tables dentaires supérieures (FG) et inférieure (H).

En 2, types de croisement possible des tables dentaires par rapport aux bovins (E) ou aux camelidae (F). Le type de croisement usuel chez la girafe est représenté en A, celui du yack en B, celui du buffle en C et celui du mouflon en D.

2 E) et alternés chez les camélidés (fig. 6, 2 F). Dans le premier cas, la trituration des aliments s'effectue toujours du même côté sur le maxillaire, dans le second cas elle se réalise d'abord d'un côté puis de l'autre.

La rumination unilatérale offre deux variétés : de la

gauche vers la droite et inversement. Par contre, lorsqu'elle est alternée, elle peut être régulière ou irrégulière. De toute façon, le premier mouvement de la mandibule s'effectue toujours en sens inverse de ceux qui suivent. Ainsi, quand un bovin rumine de droite à gauche, le premier mouvement va de gauche à droite. Dans la rumination unilatérale, le premier mouvement de la mandibule correspond à l'expression de l'excès de liquide du bol régurgité. Chez les très jeunes ruminants, le deuxième mouvement de la mandibule se fait souvent encore dans le même sens que le premier, puis les autres s'effectuent en sens inverse. Lorsqu'un animal présente une rumination de type unilatéral, il continue à se servir du même côté pendant toute une période ou tout un cycle mérycique. Aucun ordre n'est pré-établi pour la période suivante.

Il arrive aussi chez les bovins que l'animal ruminant dans un sens au début d'une période de rumination change de sens au cours de cette même période (Colin, 1871).

Dans le cas de mastication mérycique alternée, la mandibule décrit un premier mouvement, par exemple de droite à gauche, le second est accompli en sens inverse, le troisième comme le premier, le nombre des mouvements allant de droite à gauche étant égal au nombre de mouvements allant de gauche à droite. Chez certains dromadaires, la mandibule se déplace 6-10 fois sur un côté, puis autant de l'autre et ainsi de suite. Chez un chameau observé, on peut noter, cependant, grâce à l'amplitude de l'enregistrement pneumatique que, malgré une apparence alternée, la rumination est plus intense d'un côté. Pourtant cette intensité n'est pas ordonnée dans la succession des périodes. Enfin, une mastication alternée très irrégulière peut aussi être observée chez les jeunes bovins.

Si nous considérons maintenant le croisement des tables dentaires, nous nous apercevons qu'il n'est pas uniforme chez les ruminants. Prenons comme point de repère un point virtuel, situé au niveau de la symphyse mandibulaire, et projetons le mouvement décrit par ce point dans l'espace sur un plan vertical, passant par exemple par les deux condyles mandibulaires.

Nous obtenons ainsi les modes de croisement des tables dentaires maxillaire et mandibulaire. Ce point décrira, comme l'indique la figure 6 (2) soit un triangle (A, B ou C) soit un rectangle (D), soit enfin un demi-cercle (E, ou F) selon BURGER (1966). L'abaissement de la mandibule est vertical chez la girafe (A), oblique vers le côté opposé de la mastication chez le buffle (C). Le mode rectangulaire comporte un déplacement latéro-horizontal en 2, en 3 un mouvement vertical de rapprochement de la mandibule et s'observe chez le mouflon (D). Chez les bovins, ovins et caprins (E) le déplacement en demi-cercle combine les phases 1, 2 et 3 et rend le déplacement latéral continu et associé à un abaissement de la mandibule. Le cas des camélidae peut être considéré comme un double déplacement en demi-cercle (F).

2. Le réticulo-rumen

Le réseau ou reticulum, qui s'appuie sur le cartilage xyphoïdien du sternum est relié à l'œsophage par le cardia dont l'ouverture est entourée en haut et latéralement par les larges lèvres de la gouttière œsophagienne. Il communique avec le rumen ou ingluvium par une large ouverture elliptique, à grand axe vertical (18 × 10 cm), délimitée latéralement et ventralement par un repli semi-lunaire.

Une particularité du rumen est à noter en arrière du repli semi-lunaire nous trouvons une première cavité séparée du rumen proprement dit par un repli bien marqué, le repli atrio-ruminal.

Donc antérieurement au rumen délimités tous deux par un fort repli (atrio-ruminal et rumino-réticulaire) se trouvent deux poches accessibles par la voie ruminale.

Ceci explique les difficultés d'atteindre directement le réseau et donc la nécessité de suivre la paroi supérieure du rumen pour y placer un ballonnet.

Le rumen affecte la forme d'un grand réservoir divisé en deux sacs, l'un dorsal, l'autre ventral. Chacun d'eux se subdivise en une partie antérieure et une partie postérieure.

Un orifice typiquement sphinctérien, l'orifice réticulo-omasal, relie le réseau et le feuillet ou omasum de sorte que l'ensemble réseau-rumen réalise dans le complexe gastrique une vaste cavité à motricité périodique, et commandée par le système nerveux central grâce aux tissus vagaux dorsal et ventral.

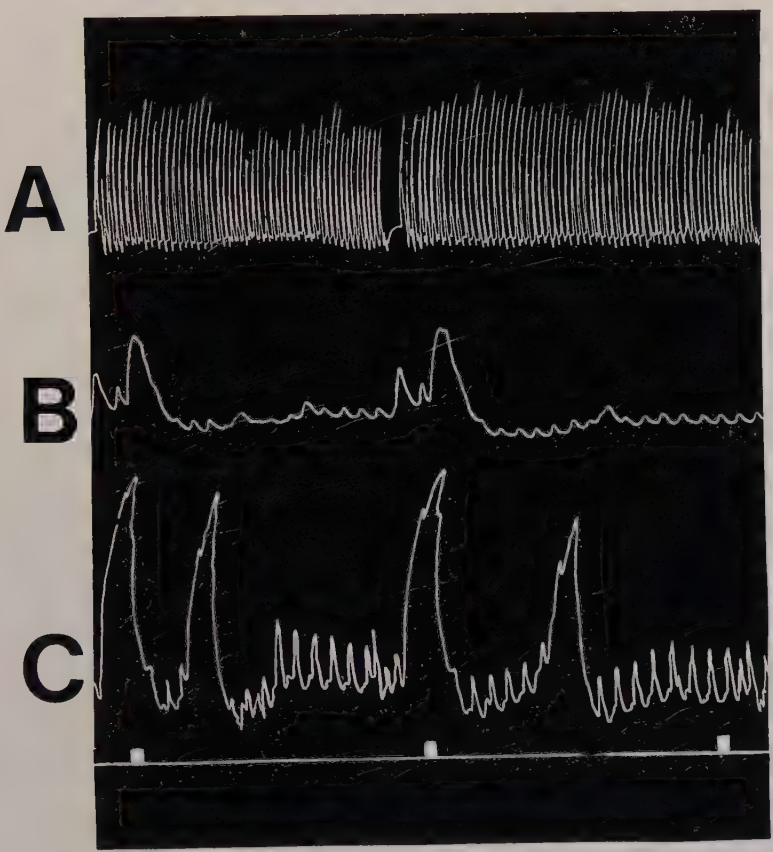

FIGURE 7 : *Enregistrement des mouvements réticulaires au cours de la rumination chez la vache.*

En A, mouvements de la mâchoire; *en B*, aspect triphasique de la contraction réticulaire; *en C*, l'intervalle entre les deux contractions du rumen est variable. Le deuxième cycle est probablement du type RDV,DV au lieu de RD,DV pour le premier.

Base de temps : une minute.

La méthode employée ne permet que d'enregistrer les contractions du réseau et du sac dorsal du rumen. Généralement la contraction du réseau est suivie par une série de contractions des diverses parties du rumen (fig. 3). Si l'on prend arbitrairement comme point de repère la contraction du réseau, elle permet de définir le cycle rumino-réticulaire comme l'ensemble des phénomènes relatifs au sac dorsal (D) ou ventral (V) du rumen observé entre deux contractions du réseau. Les six types de cycles moteurs observés chez les bovins sont représentés par (1) RD), (2) RDV, (3) RD, DV, (4) RDV_P, DV, (5) RDV, DV, (6) RDV_P, DV; la désignation V_P correspondant à la possibilité pour le sac ventral postérieur de se contracter indépendamment du sac ventral. Nous avons vu dans la première partie (données méthodologiques) comment on pouvait schématiquement diviser les cycles en simples et doubles.

Au cours de la rumination, la motricité du rumen n'est pas fondamentalement modifiée mais la contraction du réseau normalement biphasique devient triphasique (fig. 7-B). Le caractère primaire ou secondaire d'une contraction du rumen peut être différencié par la durée et l'amplitude de la contraction qui sont inférieures dans le cas d'une contraction secondaire. Sur un double enregistrement rumen et réseau on peut aisément caractériser une contraction secondaire par le décalage qu'elle présente avec la contraction réticulaire, à condition toutefois d'opérer à une vitesse de défilement supérieure à 4 mm/mn.

CHAPITRE II

ANALYSE DES MÉCANOGRAMMES OBTENUS

L'analyse doit porter successivement sur les mouvements de la mâchoire puis ceux du réticulo-rumen, enfin sur le décours temporel des deux phénomènes considérés simultanément.

1. Mouvements de la mâchoire

L'observation minutieuse à la loupe de l'enregistrement obtenu nous permet de retrouver les différentes étapes de la mastication.

C'est ainsi qu'au cours de la prise de nourriture (fig. 8-A) nous observons une succession d'accidents en pointe, l'un quelconque d'entre eux peut se décomposer de la manière suivante :

— abaissement de la mâchoire qui appuie fortement sur le ballonnet, avec une forte augmentation de pression dans le système pneumatique; l'accident consécutif à la préhension du fourrage est généralement supérieur aux autres (1);

— occlusion des mâchoires, avec une diminution de la pression exercée sur le ballonnet et retour vers la position d'équilibre de la plume (2);

— retour jusqu'au moment où les tables dentaires rencontrent la résistance qu'oppose le fourrage tassé; l'accident noté (3) est différente suivant la nature de l'aliment : plus celui-ci est grossier, plus l'accident est aigu; au fur et à mesure de la réduction de la taille des particules, l'accident est de moins en moins marqué; il est absent juste

avant la déglutition;

— retour complet à la position de départ de la plume, provoque par une chute totale de pression dans le ballonnet (4);

— le mouvement de la langue pour mobiliser le foin qui vient d'être broyé s'inscrit sous la forme d'un accident monophasique arrondi (5), lorsqu'il est polyphasique, la langue intervient à plusieurs reprises sur le foin grossier.

Lorsque le foin est suffisammment broyé, la déglutition du bol alimentaire est représentée par de faibles accidents sur le tracé.

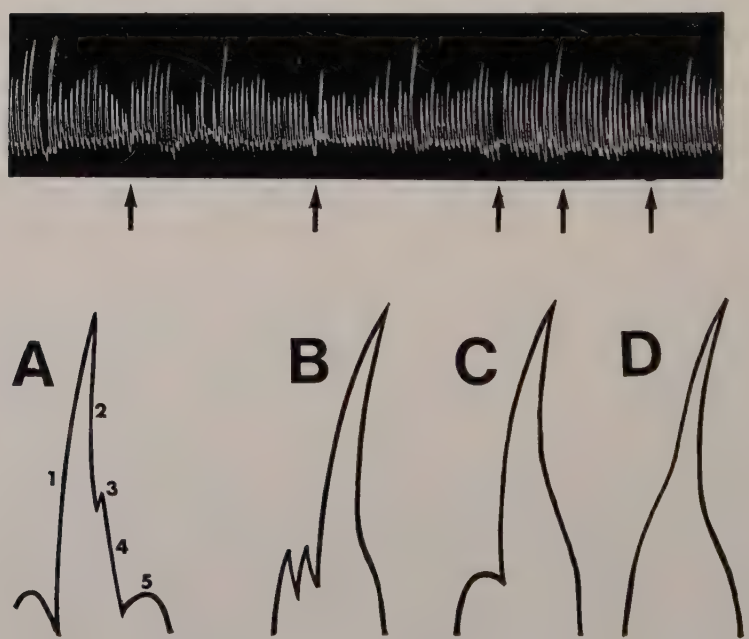

FIGURE 8 : *Mouvements des mâchoires au cours de la prise de nourriture.*

En haut, irrégularités des mouvements de mastication. Les phénomènes de déglutition sont indiqués par des flèches (↑). En bas, l'étalement du tracé permet de comparer un mouvement de mastication lors de la prise de nourriture (A) et trois mouvements de mastication mérycique (B, C, D). Le tracé B est fréquent au début d'un cycle et le tracé D en fin de cycle.

Au cours des 50 à 60 mouvements de mastication d'un cycle mérycique (fig. 8-B-C), les accidents sont comparables à ceux observés lors de la prise de nourriture. Toutefois, l'accident (3) est peu marqué, puisque le bol alimentaire régurgité est plus malléable. Les mouvements de la langue s'inscrivent toujours en début de cycle i.e. lorsque le bol est grossier, sous une forme polyphasique; les accidents étant à la fois bien marqués et pointus (B).

Ensuite, l'accident est arrondi (C) et vers la fin du cycle, il se confond avec le départ du mouvement suivant (D).

Le cycle mérycique commence par un accident caractéristique se décomposant en trois phases (fig. 9) :

— augmentation de pression due à la remontée du bol (1);

— retour partiel vers la position d'équilibre (2); il en résulte un accident de forte amplitude.

Le bol régurgité empêche le retour complet à la position initiale : l'appui de la langue sur celui-ci se traduit par une déflection toujours supérieure à celles qui suivront; elle correspond à l'expression de l'excès de liquide régurgité (3). Le tracé résultant (1, 2, 3) forme l'accident b correspondant à la déglutition de l'excès de liquide associée à un mouvement des mâchoires en sens inverse des mouvements suivants.

La moindre amplitude de cet accident malgré l'importance de son mouvement latéral semble liée à une occlusion réduite de la mâchoire. Les mouvements de la langue représentent le temps d'arrêt entre deux mouvements de mastication. Leur durée diminue fortement vers la fin du cycle, d'où l'accélération observée peu avant la déglutition du bol. Celle-ci est représentée par un léger accident (d) en pointe, suivi du mouvement de la langue qui reprend sa position normale dès la déglutition du bol alimentaire.

2. Les variations de pression rumino-réticulaire

L'enregistrement du mécanogramme ruminal (ou réticulaire) à la vitesse de 14 cm/heure met en évidence à la

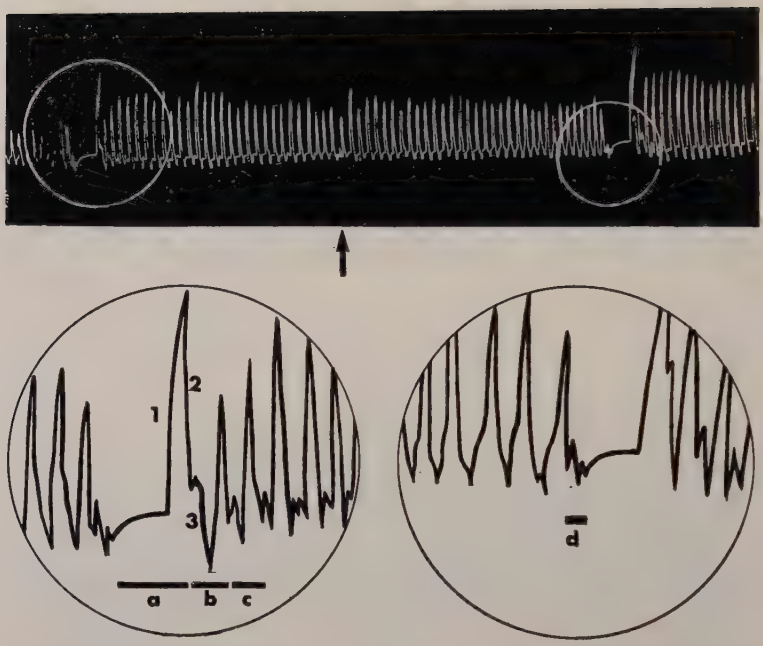

FIGURE 9 : *Mouvements des mâchoires au cours d'un cycle mérycique.* La régurgitation du bol (a) puis la déglutition de l'excès de liquide (b) sont suivies des premiers mouvements de la mâchoire (c). La déglutition du bol mérycique est également caractéristique (d). La flèche indique une déglutition au cours du cycle.

fois les actes alimentaires (prise de nourriture, rumination) et les états de vigilance.

La reconnaissance des diverses particularités de la motricité gastrique est dans cette méthode aisée, les enregistrements des mouvements des mâchoires permettant à tout moment de connaître l'activité de l'animal (prise de nourriture — rumination — repos).

— Au cours de la prise de nourriture, l'augmentation de l'amplitude des contractions du réseau et du rumen ainsi qu'une diminution de la durée des cycles sont de règle (leur durée est ici de 36 ± 12 sec.). Les mouvements du réseau présentent toujours un épaulement jusqu'à mi-distance du tracé dû à la première phase de la contraction qui est confondue à cette vitesse d'enregistrement avec la seconde toujours très ample.

— Pendant la rumination, une plus grande régularité des cycles moteurs des pré-estomacs et une diminution de l'amplitude des contractions du réseau sont manifestes. La présence d'une extra-contraction et la diminution d'amplitude de la première phase entraînent la disparition de

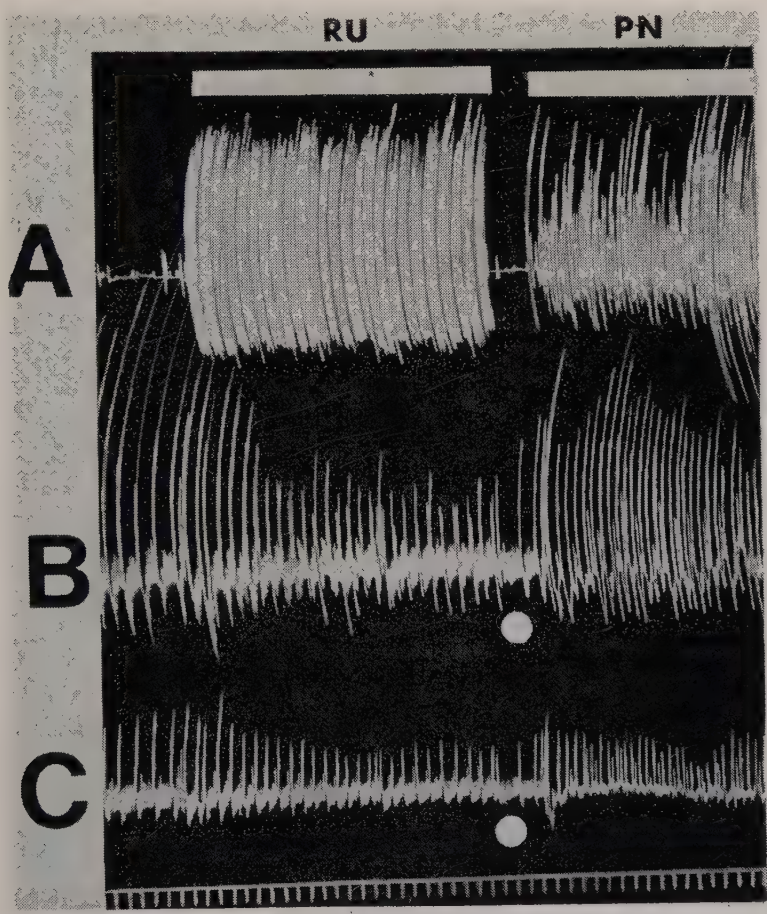

FIGURE 10 : *Motricité rumino-réticulaire au cours de la prise de nourriture et de la rumination.*

Enregistrement réalisé à la vitesse de 14 cm par heure. Les mouvements de mastication (A) ainsi que les contractions du réseau (B) et du rumen (C) permettent de différencier les périodes de repos (intervalle de contraction 1,2 ± 0,2 mm) suivies de rumination (RU) (intervalle de 0,92 ± 0,3 mn) puis de prise de nourriture (PN) (intervalle de 0,61 ± 0,2 mn). Noter le ralentissement post-mérycique de la motricité indiqué par des cercles (O). Base de temps en minutes.

l'épaulement, au profit de deux accidents nettement séparés (l'extra contraction et la deuxième phase normale). La durée moyenne du cycle (72 ± 18 sec.) est supérieure à celle du repos (55 ± 18 sec.). L'accélération reste néanmoins limitée par rapport à celle due à la prise de nourriture.

Enfin si la durée moyenne du cycle moteur du réticulo-rumen est de 1 par minute, elle présente toutefois deux exceptions de taille, l'une à la fin d'une période de rumination, l'autre au cours du sommeil. Le nombre de contractions réticulaires pour un enregistrement nocturne de 14 heures est d'environ 800. Or l'intervalle des contractions du réseau est toujours supérieur à la minute à la fin d'un cycle mérycique, quelle que soit la nature de l'aliment. La durée moyenne des cycles qui suivent une période de rumination est de 216 ± 83 sec. (2e jour avec du foin broyé) et 145 ± 32 sec. (1er jour). Ce phénomène est retrouvé chez tous les animaux observés à différents degrés selon la durée moyenne de leurs cycles méryciques; par exemple la durée moyenne du premier cycle post-mérycique est de 108 ± 54 sec. chez un sujet dont la moyenne des contractions pour 14 heures atteint 840 cycles.

Les états de veille et de sommeil connus chez les bovins (Ruckebusch et Bell, 1970) se répartissent en 4 stades :

— stade 1 (veille) : pour lequel le sujet est éveillé ou attentif. L'électrocorticogramme présente des ondes de faible amplitude (25 μV) à un rythme stable (9 à 11 c/sec.). L'association d'ondes plus lentes (40 à 80 μV - 4 à 5 c/sec.) pendant le repos psychosensoriel est normale;

— stade 2 (somnolence ou l'endormissement) : s'effectue à la suite d'une phase de repos psychosensoriel. La présence de fuseaux associés à des ondes lentes de 50-100 μV - 3 à 4 c/sec. caractérise ce stade;

— stade 3 (sommeil à ondes lentes) : le sujet est généralement en décubitus sterno-abdominal, les yeux clos, les oreilles tombantes et dans 20 % des cas la tête appuyée sur le bord de la mangeoire, les fuseaux disparaissent et ne persistent que des ondes lentes;

— stade 4 (sommeil paradoxal) caractérisé par une

complète et brutale désynchronisation du tracé cortical, un décubitus sterno-abdominal, parfois latéralisé par l'extension du membre postérieur superficiel; on note un effondrement postural notoire souvent en self-auscultation avec des mouvements rapides des yeux, des oreilles, de la mâchoire. La fin de cette quatrième phase est toujours spectaculaire, l'animal relevant brusquement la tête et reprenant une position sterno-abdominale typique.

Le mécanogramme du rumen présente dans le cas d'un décubitus nettement latéralisé (stade 4) une élévation de la ligne de base, en particulier dans le cas d'un décubitus latéral gauche, i.e. lorsqu'une partie du poids de l'animal s'exerce sur le sac dorsal du rumen renfermant le ballonnet. Pendant la somnolence (stade 2) l'alternance des cycles simples et des cycles doubles est souvent très régulière; elle peut être décelée sur les enregistrements obtenus à la vitesse de 7 ou 14 cm/h. La présence de contractions secondaires plus fréquentes et un allongement de la durée des cycles permettent dans certains cas d'individualiser le stade 3 de sommeil.

Si les différents stades du sommeil ne peuvent être que soupçonnés à partir du mécanogramme, certains indices tel l'appui de la tête sur le bord de la mangeoire qui provoque un très grand accident, se maintenant ou disparaissant selon le degré d'étanchéité du système pneumatique, ou encore l'élévation de la ligne de base du rumen, permettent d'identifier avec certitude l'existence ou non d'une phase de sommeil paradoxal. La figure 11 montre deux périodes successives de ralentissement de la motricité digestive avec augmentation de l'intervalle séparant le contractions du rumen ou du réseau. Il est probable que le degré de perte de vigilance a été important dans le second cas.

En définitive, outre la possibilité classique et intéressante qu'offre la méthode graphique dans la détermination quantitative des différents actes alimentaires, l'étude détaillée des enregistrements nous fournit une foule de renseignements insoupçonnés à un premier dépouillement visuel. C'est ainsi que les positions de sommeil de l'animal, cer-

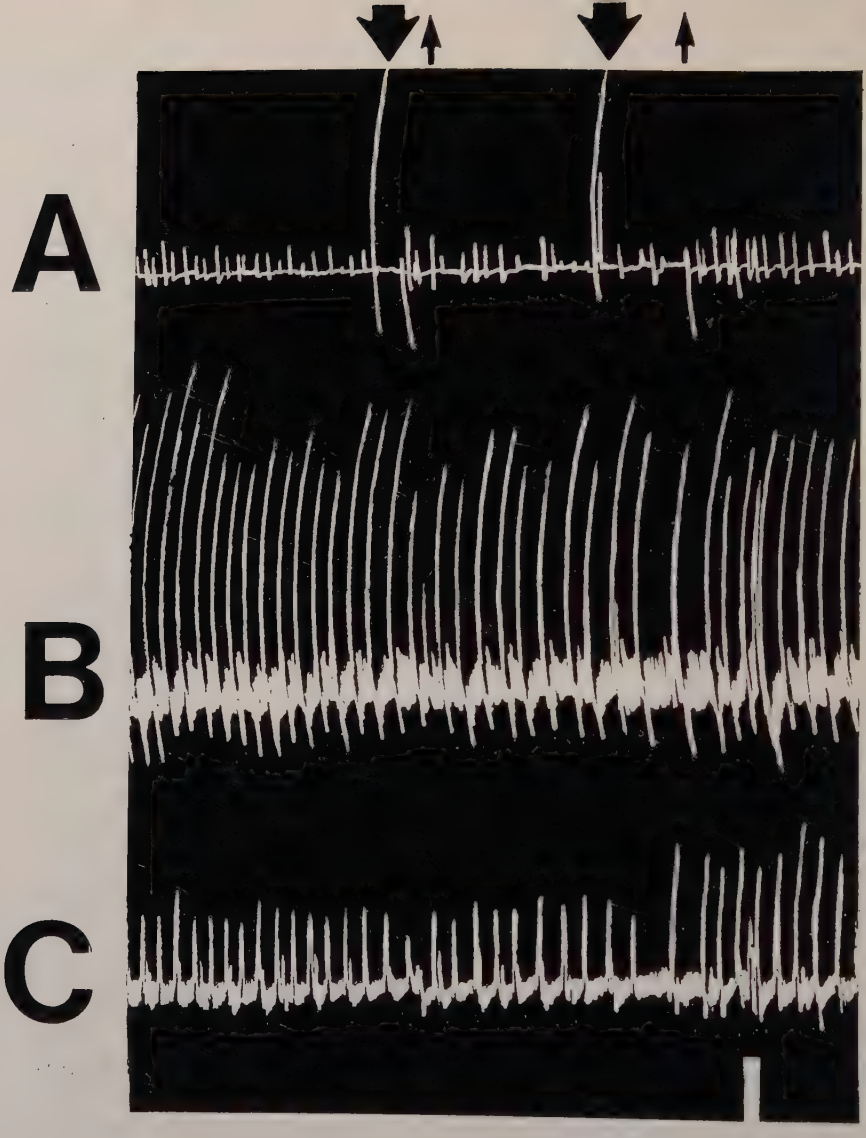

FIGURE 11 : *Motricité digestive et sommeil.*

Sur l'enregistrement des mâchoires (A), les deux accidents correspondent à l'appui sur le sol de la tête (↓) puis au relever de la tête (↑). Les mécanogrammes du réseau (B) et du rumen (C) présentent un ralentissement net de la motricité. L'animal se lève (n) après cette période de sommeil. Base de temps identique à celle de la figure 10.

taines phases de celui-ci peuvent être mises en évidence. Certaines associations entre deux phénomènes apparemment distincts (ralentissement de la motricité gastrique et sommeil) nous apparaissent à la faveur de la juxtaposition des enregistrements.

Cette méthode nous renseigne à un instant quelconque sur l'activité et l'attitude du bovin étudié, il est remarquable d'obtenir ces précisions avec une méthode aussi simple.

TROISIÈME PARTIE

MODIFICATIONS SPONTANÉES ET PROVOQUÉES DU COMPORTEMENT

Chapitre I. — Modifications spontanées.

Chapitre II. — Variations provoquées.

« Tous les mécanismes vitaux, quelques variés qu'il soient n'ont toujours qu'un but, celui de maintenir l'unité des condition de la vie dans le milieu intérieur...

Chez l'animal perfectionné à vie indépendante le système nerveux est appelé à régler l'harmonie entre toutes ces conditions. »

Cl. Bernard, 1878, *Leçons sur les phénomènes de la vie commune aux animaux et aux végétaux.* Vol. I, Système nerveux, p. 114.

CHAPITRE PREMIER

MODIFICATIONS SPONTANÉES

L'enregistrement graphique fait apparaître l'existence de variations dans le comportement d'un bovin, non seulement à long terme (nécessité d'un enregistrement continu 24 h/24 h), mais aussi d'un jour à l'autre. Celles-ci apparaissent alors que l'environnement est stable et la nourriture identique; faibles dans leur intensité on peut considérer qu'il s'agit de fluctuations individuelles fonctions des divers métabolismes internes.

D'un autre côté, l'étude d'un phénomène physiologique quelconque (rumination, sommeil...) nécessite constamment l'emploi de plusieurs animaux. C'est ainsi qu'un résultat numérique ne peut être donné que par une moyenne calculée sur plusieurs individus et sur plusieurs jours. Ceci fait apparaître certaines différences entre les sujets qui, par ailleurs, entretenus dans les mêmes conditions, présentent des réactions identiques.

Ainsi apparaissent des données caractéristiques que l'on ne peut plus considérer comme générales mais typiquement individuelles.

La méthode graphique utilisée (enregistrement sous forme de feuilles de papier de 2 m de long) nous a permis de comparer deux journées consécutives chez le même bovin et chez deux bovins différents. Ainsi avons-nous pu envisager les variations intra-individuelles et inter-individuelles chez ceux-ci.

TABLEAU N° I

Données numériques obtenues par la lecture des enregistrements graphiques de deux journées consécutives chez une même vache V_1 Aubrac de 8 ans, pesant 420 kg, recevant 10,5 kg de foin en moyenne et buvant 40 litres d'eau par nycthémère.

1re journée PN	Rumination	Repos
195 (1)	45 (3)	5 (2)
60 (6)	30 (5)	25 (4)
30 (9)	30 (8)	5 (7)
115 (13)	25 (11)	15 (10)
45 (18)	40 (14)	25 (12)
40 (22)	60 (18)	20 (15)
25 (27)	40 (19)	10 (17)
30 (32)	35 (21)	30 (20)
55 (39)	40 (23)	30 (24)
	30 (25)	30 (26)
	30 (28)	25 (29)
	25 (30)	5 (31)
	30 (34)	10 (33)
	30 (36)	20 (35)
	20 (38)	35 (37)
		60 (40)
m = 66,11 mn	m = 34,00 mn	m = 21,33 mn
9 périodes	15 périodes	16 périodes
Total = 595 mn	Total = 510 mn	Total = 330 mn
% = 41,7 %	% = 35,8 %	% = 22,5 %
2e journée		
20 (1)	30 (6)	5 (2)
45 (3)	35 (8)	5 (4)
115 (5)	40 (10)	30 (9)
30 (7)	25 (18)	5 (11)
45 (12)	35 (20)	5 (13)
30 (14)	40 (22)	15 (15)
145 (16)	25 (25)	5 (17)
55 (23)	40 (27)	30 (19)
50 (30)	30 (29)	20 (21)
20 (36)	30 (31)	5 (24)
40 (40)	35 (33)	25 (26)
	40 (35)	30 (28)
	30 (38)	40 (32)
		30 (34)
		30 (37)
		20 (39)
		40 (41)
m = 54,09 mn	m = 33,75mn	m = 20,99 mn
11 périodes	13 périodes	17 périodes
Total = 595 mn	Total = 435 mn	Total = 370 mn
% = 43,6 %	% = 31,9 %	% = 24,5 %
t = 0,564	t = 0,075	t = 0,0804

1. Variations intra-individuelles

Ces variations ne sont jamais très importantes et elles n'excèdent pas 5 % pour les différents pourcentages envisagés.

Nous avons choisi (tableau 1) les données numériques fournies par l'enregistrement de deux journées consécutives chez la vache n° 1.

Un test d'homogénéité de distribution a été envisagé pour les différents actes de l'animal sur des périodes égales ou supérieures à 15 jours, et donne des valeurs de X^2 inférieures du X^2 critique pour $P < 0{,}005$.

Il semble donc exister une certaine stabilité dans les données numériques concernant un même animal, les variations ne dépassant pas 5 % pour le pourcentage de rumination et 2 % pour celui de prise de nourriture.

Pourtant si on observe d'une façon détaillée la répartition des prises de nourriture, de repos et de rumination, nous notons quelques points particuliers.

C'est ainsi que la durée de la première période de prise de nourriture est très importante le premier jour considéré, fractionnée le lendemain. De même les périodes de ruminations présentent des valeurs décroissantes la première journée, sensiblement identiques le lendemain.

Il nous a semblé intéressant de savoir si on pouvait dégager une loi de comportement permettant de suivre la distribution des diverses périodes d'activité dans le temps.

L'examen d'une soixantaine d'enregistrements ne nous a pas apporté de règle précise.

Le besoin alimentaire est une donnée physiologique constante, mais la leçon de le couvrir varie en fonction de données personnelles tenant au caractère même de l'animal.

Généralement l'animal ingère une grande quantité de foin à la présentation de celui-ci; par la suite, alors que la quantité globale varie peu, le détail de l'ingestion subit de nombreuses fluctuations n'obéissant pas à une règle précise.

Toutefois, l'analyse de ces variations journalières d'un même animal recevant un même aliment restent précieuses en raison de leur signification quant à l'interaction animal-milieu et surtout nous renseignent sur l'adaptation d'un bovin aux conditions dans lesquelles il est placé.

Une autre possibilité d'analyse fait appel à la comparaison des données fournies par l'enregistrement d'une journée quelconque avec les diverses moyennes obtenues sur une dizaine de jours.

C'est ainsi qu'en nous servant des moyennes horaires concernant le comportement d'un bovin, nous pouvons dresser un emploi du temps horaire moyen d'activité de l'animal.

Ces moyennes représentent schématiquement le comportement type de l'animal placé dans un certain milieu et recevant une même nourriture, les variations quotidiennes lors d'une nouvelle expérimentation représentent les diverses phases d'adaptation de l'animal soit à un autre environnement ou à une nouvelle nourriture.

2. Variations inter-individuelles

La comparaison de plusieurs journées concernant deux animaux différents (ici vache n° 1 et n° 2) pour un même régime alimentaire, permet de chiffrer l'ampleur des variations inter-individuelles.

Le tableau II montre que pour un temps global comparable, la durée moyenne des périodes de prise de nourriture est double chez la vache n° 2. Une telle particularité ne correspond pas à des troubles de dentition mais à une façon propre à chaque animal de consommer ses aliments. Tel animal ingère sans arrêt la nourriture dont il dispose, tel autre fractionne la prise de nourriture en de multiples périodes. En ce qui concerne la rumination, le nombre des périodes est comparable (15 et 18) pour ces deux vaches, ce qui semble en faveur des variations purement individuelles.

TABLEAU N° II

Données numériques obtenues par la lecture des enregistrements graphiques de la même journée pour deux vaches placées dans les mêmes conditions : foin long ad lib., eau à discrétion, même environnement.

Noter la similitude dans les résultats concernant le repos et la rumination, par contre, la différence dans la manière d'ingérer le repas : en une succession de petites périodes pour V_1 en deux périodes importantes pour V_2 (114 en 85 minutes).

Vache n° 1 : temps total d'enregistrement 1 400 mn

PN	Rumination	Repos
98 (2)	28 (6)	3 (1)
7 (4)	32 (10)	31 (3)
14 (8)	11 (12)	7 (5)
13 (16)	16 (14)	8 (7)
48 (21)	25 (17)	3 (9)
25 (24)	43 (19)	37 (11)
9 (26)	40 (23)	56 (13)
12 (28)	5 (27)	42 (15)
4 (30)	7 (31)	41 (18)
5 (32)	7 (33)	33 (20)
4 (34)	58 (36)	84 (22)
11 (39)	16 (38)	30 (25)
6 (44)	47 (41)	45 (29)
9 (46)	33 (43)	52 (35)
	32 (48)	51 (37)
		73 (40)
		43 (42)
		16 (45)
		28 (47)
		50 (49)
m = 18,92 mn	m = 26,6 mn	m = 37,55 mn
Période 14	p. = 15	p = 21
Total = 260 mn	Total = 400 mn	Total = 751 mn
% = 18,5 %	% = 28,3 %	% = 53,2 %

Vache n° 2 : temps total d'enregistrement 1 400 mn

114 (1)	30 (3)	9 (1)
8 (4)	25 (6)	9 (5)
21 (7)	22 (9)	10 (8)
85 (23)	13 (11)	35 (10)
7 (28)	15 (13)	17 (12)
3 (42)	4 (15)	23 (14)
	12 (17)	22 (16)
	17 (19)	57 (18)
	22 (21)	38 (20)
	31 (25)	44 (22)
	38 (27)	62 (24)
	32 (30)	30 (26)
	35 (32)	110 (29
	38 (34)	97 (31)
	22 (36)	26 (33)
	25 (38)	38 (35)
	30 (40)	35 (37)
	11 (44)	40 (39)
		15 (41)
		8 (43)
		15 (45)
m = 39,66 mn	m = 23,44 mn	m = 35,23 mn
p. = 6	p. = 18	p. = 21
Total = 238 mn	Total = 422 mn	Total = 740 mn
% = 16,8 %	% = 30,1 %	% = 52,8 %
t = 1,281	t = 0,408	t = 0,285

A titre d'exemple de variations inter-individuelles chez la vache n° 1, la consommation quotidienne de foin long *ad lib.* était de 10,5 kg ingérés en 9 à 10 heures soit une vitesse d'ingestion de 1 kg/heure sur une période de deux mois; treize à quinze périodes de rumination par 24 heures se répartissent en six diurnes, représentant 25,7 ± 3,0 % pour 12 heures et neuf nocturnes soit 41,5 ± 3,5 % pour 12 heures.

Selon Freer et Campling (1965) et Skouri (1966) le nombre des périodes de rumination est une caractéristique individuelle. Ce dernier, expérimentant sur deux vaches jumelles a observé respectivement 13,5 et 17,2 périodes de rumination. Une comparaison avec la vache n° 2 présentant 17 à 20 périodes de rumination pour la même quantité d'aliment ingérée confirme ce point de vue.

Rappelons que chez le mouton, le nombre de périodes de rumination est toujours sujérieur; il est voisin de 19,1 ± 4,9 dans les mêmes conditions. On retrouve un phénomène analogue pour la vitesse de mastication mérycique. Le nombre de mouvements de mandibule est, en moyenne, de 53,2 ± 2,1 pour une durée moyenne du cycle mérycique de 52 sec. chez la vache; la vitesse de mastication est de 65,1 ± 5,3 mouvements par minute au lieu de 74,4 ± 3,3 mouvements par minute chez un mouton placé dans les mêmes conditions.

Cette méthode permet donc d'une part de quantifier chez un même animal toutes les variations comportementales, d'autre part d'évaluer les différences entre deux animaux observés.

Dès l'instant où la lecture des tracés obtenus sur les feuilles de papier de 2 mètres est connue de l'opérateur le simple dépouillement visuel permet tout aussi bien qu'une séquence filmée de suivre minute par minute le comportement détaillé de l'animal.

Alors que l'étude globale statistique de l'animal chiffre les fluctuations, la méthode graphique les détaille pour celui qui prend la peine de s'attarder à son étude.

CHAPITRE II

MODIFICATIONS PROVOQUÉES

L'inventaire des facteurs pouvant d'une façon artificielle modifier le comportement alimentaire des bovins est très long. Dans les conditions « naturelles », ces facteurs intéressent l'aliment lui-même ou le repos du bovin. Ici seulement quatre types de modifications ont été retenus :

1) La distribution de foin broyé-aggloméré;

2) l'entraînement de l'animal à ingérer sa ration de plus en plus vite en réduisant le temps de présentation de l'aliment;

3) la fatigue consécutive à l'impossibilité de décubitus pendant 36 heures, ce qui correspond aux transports sur moyenne distance;

4) la diète hydrique.

1. Mode de présentation de l'aliment

L'alimentation moderne du bétail prévoit la mécanisation de plus en plus poussée de la distribution; il va sans dire que la présentation d'un aliment sous forme agglomérée se prête aisément à toutes les manipulations. De même, la restriction de l'ensombrement de la ration peut accroître l'ingestion de celle-ci et par ce biais améliorer les performances des sujets.

Enfin, dernier intérêt, non négligeable, l'aliment ainsi présenté peut se stocker sous un volume restreint et rester parfaitement propre durant une période nettement supérieure à la conservation classique des fourrages.

C'est ainsi qu'après la période d'expérimentation ou l'animal ne recevait que du foin long *ad libitum,* il reçoit du foin sous forme de bouchons (3 × 2 mm).

La distribution unique de « pellets » pendant plusieurs jours consécutifs d'un point de vue alimentaire est un échec

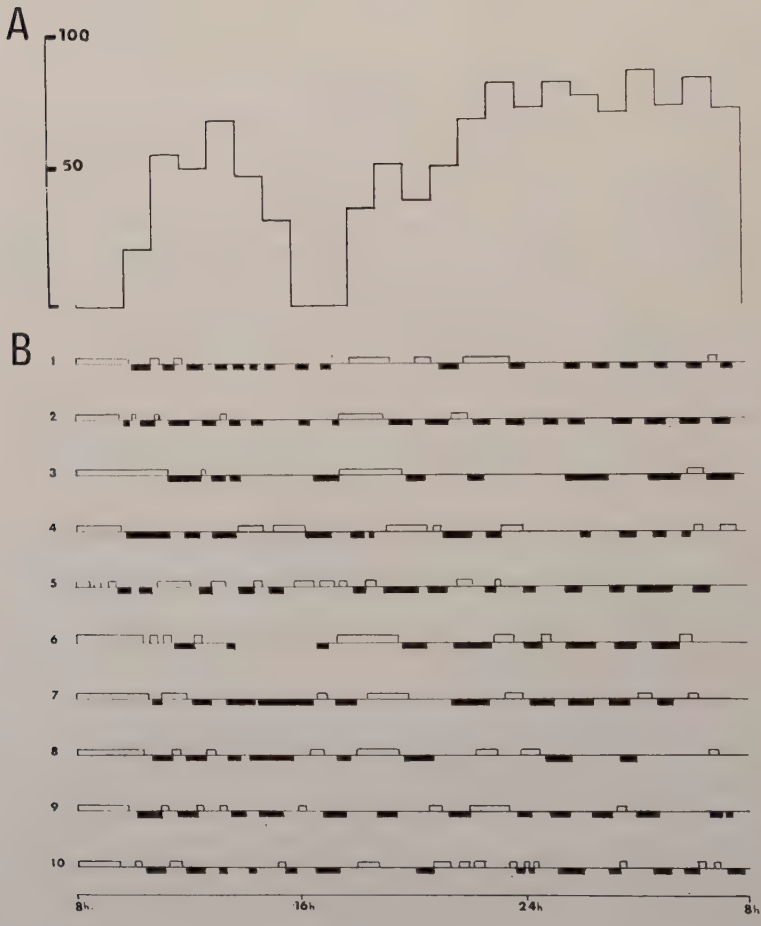

FIGURE 12 : *Représentation schématique de la durée de la rumination chez un bovin (Aubrac de 8 ans, pesant 420 kg et consommant 10,5 kg de foin et buvant 40 litres d'eau en moyenne).*

En A, sont représentés les divers pourcentages de rumination par heure pour l'ensemble de dix nycthémères.
Les divers pourcentages ont été obtenus à partir des enregistrements (1 à 10) représentés en B par des surfaces sombres (la prise de nourriture est représentée par des surfaces claires).

puisque après avoir noté dès le premier jour une forte diminution de la rumination, celle-ci disparaît le deuxième jour de l'expérience, les bouchons étant refusés dès le troisième jour.

Pour faire accepter les bouchons de foin, il faut intercaler la distribution de foin et celle des bouchons.

Le tableau III représente les résultats concernant 18 jours d'enregistrement sur le bovin n° 1.

Avec cette méthode la consommation de pellets (bouchons) se maintient à 7kg environ, la rumination diurne disparaît régulièrement le jour de la distribution, la rumination nocturne persistante prend une valeur moitié de sa valeur normale.

2. Durée des repas

La répartition nycthémérale de la rumination est étroitement liée à la fréquence des repas. Lorsque les animaux mangent peu, et en particulier la nuit, on observe une succession de périodes de rumination et de repos. Au cours d'une expérience de 18 jours pendant lesquels le bovin ne reçoit qu'un seul repas par jour, la durée de la présentation de la nourriture a été limitée à 2, 3 et 4 heures (fig. 13).

1. *Repas limité à deux heures :* la vitesse d'ingestion de l'aliment est de 1 kg/heure pendant les deux premiers jours, puis elle augmente atteignant 2 kg/heure le 6e jour. Le temps passé à ruminer durant les 12 heudes de « jour » augmente significativement, passant de 25,7 ± 30 % à 30,0 ± 5,8 %, par contre la rumination nocturne diminue, et on ne note plus que 20,4 ± 8,3 % à la fin de cette période au lieu de 42,13 ± 3,5 % obtenus avec le foin long. Durant les premiers jours d'adaptation, les périodes de rumination sont à peu près identiques à celles observées avec le foin *ad. lib.* et comprennent une longue période après le repas; les intervalles de repos qui séparent les autres périodes augmentent par la suite passant de 15 à 60 et 80 mn. Le temps moyen de rumination consacré à l'unité de poids de la ration augmente considérablement et à la fin de cette pre-

TABLEAU N° III

Exemple d'expérimentation suivie par la méthode graphique : l'alternance foin long-pellets pendant 18 jours d'enregistrement chez V_1.

Cette présentation alternée de foin long et de pellets entraîne des perturbations comportementables notables.

On remarquera la chute de la rumination diurne et la persistance à une valeur environ moitié de la rumination nocturne.

Jour	Ration	Eau	Rumination diurne %	Périodes	Rumination nocturne	Périodes
1 P	9,00	46,5	0	0	0	0
2 F	6,86	16,5	38,2	6	40,3	8
3 P	3,66	14,5	3,5	2	22,2	7
4 F	7,43	25,9	43,7	7	28,5	5
5 P	6,58	28,0	0	0	11,8	6
6 F	8,10	29,0	43,7	6	36,1	8
7 P	7,00	27,0	0,7	1	9,7	5
8 F	8,23	24,3	39,6	5	38,9	7
9 P	5,50	20,7	0	0	8,3	5
10 F	8,16	26,7	52,1	0	34,0	7
11 P	7,00	31,9	39,6	5	14,6	6
12 F	8,84	32,7	0	8	37,8	7
13 P	7,00	30,7	47,9	0	11,8	5
14 F	8,72	22,4	0	6	41,7	9
15 P	7,00	14,0	52,1	0	36,1	6
16 F	7,88	32,0	0	8	15,9	8
17 P	6,95	22,0	43,1	0	18,7	9
18 F	8,32	28,0	0	9	35,4	9

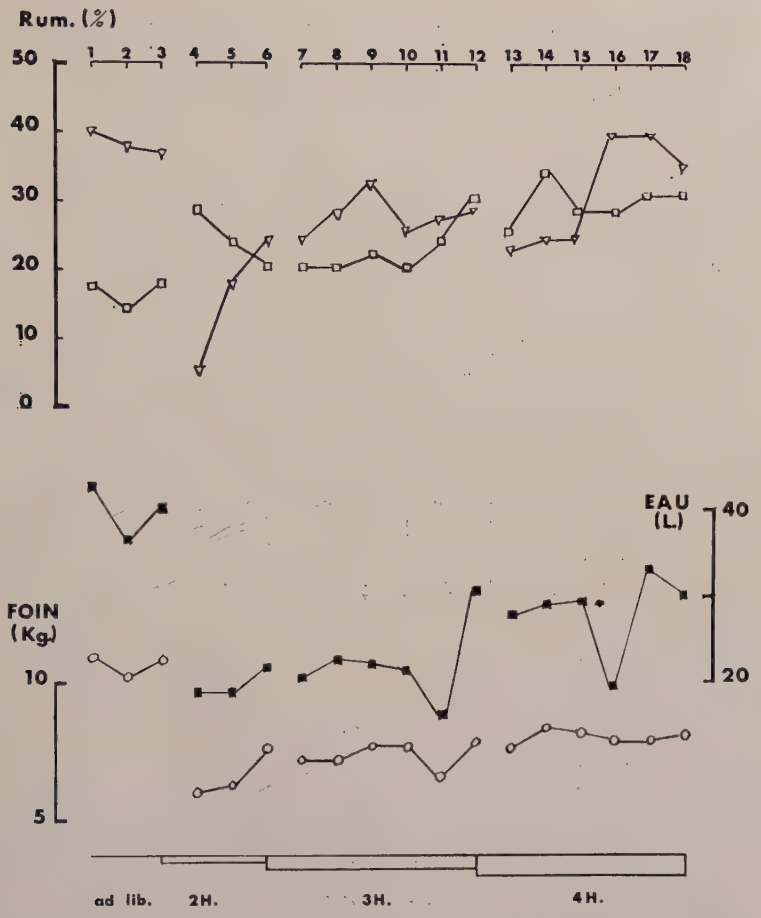

FIGURE 13 : *Modifications liées à la durée de l'ingestion des aliments pour une période de 18 jours.*

Sont représentés les pourcentages de rumination diurne (▭) (de 9 heures à 21 heures) et nocturne (△), la quantité d'eau (■) (en litres) et de foin consommé (O) en kg) chez un bovin recevant du foin *ad libitum* (3 jours), durant 2 heures (3 jours), durant 3 heures (6 jours) et durant 4 heures (6 jours).
Noter la chute du pourcentage de rumination nocturne lorsque la durée d'ingestion des aliments est réduite à 2 heures ainsi que l'impossibilité pour l'animal d'ingérer sa ration en 3 ou 4 heures malgré une augmentation de la vitesse de mastication.

mière période il a pratiquement doublé : de 48,47 ± 12,07 mn/kg il est passé à 104,13 ± 4,99 mn/kg. Il est curieux de noter qu'à la fin de cette période l'animal qui

ingère deux fois plus vite sa ration compense cela par une durée de rumination (ramenée à la quantité ingérée) deux fois plus élevée.

TABLEAU N° IV

Résultats obtenus par la méthode graphique concernant de limitation de durée de prise de nourriture.

Période I : l'animal reçoit du foin *ad libitum*.
Période II : le foin est présenté en quantité suffisante pendant 2 heures à l'animal.
Période III : le foin est présenté 3 heures.
Période IV : le foin est présenté 4 heures.

Noter que l'application du test du t de Student-Fisher nous montre que les différences observées sont significatives (*).

	Rumination diurne	Rumination nocturne
Période I Foin *Ad. Lib.*	25.7 ± 3.0	42.1 ± 3.5
Période II Foin 2 h	30.0 ± 5.8	20.4 ± 8.3
Période III Foin 3 h	29.2 ± 3.0	32.5 ± 2.9
Période IV Foin 4 h	32.8 ± 5.3	35.4 ± 6.4
Comparaison I/II	$t = 3{,}501$ * $0{,}02 < \alpha < 0{,}05$	$t = 4{,}878$ * $0{,}01 < \alpha < 0{,}02$
Comparaison I/III	$t = 1{,}795$ * $0{,}10 < \alpha < 0{,}20$	$t = 5{,}399$ * $\alpha < 0{,}001$
Comparaison I/IV	$t = 1{,}810$ * $0{,}05 < \alpha < 0{,}10$	$t = 1{,}772$ * $0{,}1 < \alpha < 0{,}2$

2. *Repas limité à trois heures :* la vitesse d'ingestion se stabilise à 2 kg/heure comme précédemment, par contre, le temps moyen de rumination diminue : 72,56 ± 7,58 mn/kg. La rumination se décompose en 17 à 19 périodes à savoir 9,2 diurnes et 8,5 nocturnes ce qui représente des valeurs rappelant celles obtenues avec du foin long.

Dans cette période, le temps de rumination nocturne s'équilibre avec celui de la rumination diurne (32,5 ± 2,9 % et 29,2 ± 30 %).

On peut remarquer aussi que la rumination diurne non perturbée par une prise alimentaire est encore supérieure à celle observée avec le foin long (environ 5 % de plus).

3. *Repas limité à quatre heures :* la vitesse d'ingestion diminue atteignant 1,75 kg par heure. Le temps de rumination par unité pondérale ingérée diminue encore, mais cette fois-ci très significativement par rapport aux valeurs témoins ($P < 0,01$).

La rumination nocturne tend vers une valeur sensible normale, par contre, la rumination diurne est encore supérieure à la normale.

De ces expériences, nous pouvons retenir trois faits marquants :

— le bovin sur lequel l'étude a été faite, a appris à ingérer l'aliment de plus en plus rapidement de façon à obtenir en un temps réduit une ration suffisante;

— la rumination diurne est intimement liée au temps d'ingestion du repas, tout se passe comme si la réduction du temps d'ingestion augmentait la possibilité de ruminer;

— la rumination nocturne semble pour sa part fonction de la quantité ingérée (sa durée augmente quand celle-ci croît).

3. Abreuvement

Il arrive fréquemment dans l'élevage bovin des circonstances provoquant une diminution, voire une privation d'abreuvement (sécheresse, froid, gel, etc.). Nous avons tenté de placer un sujet dans ces conditions : l'abreuvement journalier (40 litres) d'un bovin ingérant 10,5 kg de foin a été respectivement diminué de 50 % et 75 %.

1° *Consommation hydrique limitée à 10 litres.*

Nous assistons à une diminution de la consommation de foin (de 17 %), la quantité ingérée passe de 8,2 à 7 kg trois jours après.

Les variations observées pour la rumination ne sont significatives que pour la période nocturne de ce nycthémère.

TABLEAU N° V

Expérience de limitation de l'abreuvement chez le bovin V_1.

Ce tableau permet de comparer trois journées consécutives d'abreuvement non limité, avec trois journées consécutives pendant lesquelles l'abreuvement est réduit de 50 et 75 %.

Seul l'abreuvement réduit de 3/4 de sa valeur donne des variations significatives de la rumination nocturne

Les rumanitions noctures des deux périodes expérimentales (10 l et 20 l d'eau par nycthémère) présentent entre elles une différence significative.

Foin (kg)	Eau	Rumination diurne %	Rumination nocturne %
Foin *ad. lib.* 12	42	26,3	43,0
9,5	38	24,3	42,3
10	59	27,3	41,1
10,5 ± 1,1	46,3 ± 4,8	25,7 ± 3,0	42,1 ± 3,5
8,2	10	23,6	49,1
7,5	10	29,2	43,3
7	10	21,5	42,4
7,5 ± 0,7		24,76 ± 3,98	44,93 ± 3,63
9	20	28,4	41,6
8	20	23,6	45,6
7,5	20	24,3	37,5
8,1 ± 0,8		25,43 ± 2,59	41,56 ± 4,05
Comparaison Foin *ad. lib.*/10 l		$t = 0,297$ $50 < \alpha < 90$	$t = 2,239$ * $0,3 < \alpha < 0,2$
Comparaison Foin *ad. lib.*/20 l		$t = 0,272$ $50 < \alpha < 90$	$t = 0,236$ $0,50 < \alpha < 0,90$
Comparaison 10 l / 20 l		$t = 0,243$ $50 < \alpha < 90$	$t = 1,040$ * $0,3 < \alpha < 0,5$

Par ailleurs, les variations nocturnes et diurnes évoluent inversement, cette dernière diminuant en moyenne de 1 % sur trois nycthémères, la première augmentant d'environ 3 % pour la même période.

Il est curieux de constater cette augmentation de la rumination nocturne alors que la quantité de foin ingérée a diminué passant en moyenne de 0.5 ± 1,1 kg à 7,5 ± 0,7 kg soit une chute de 20 %.

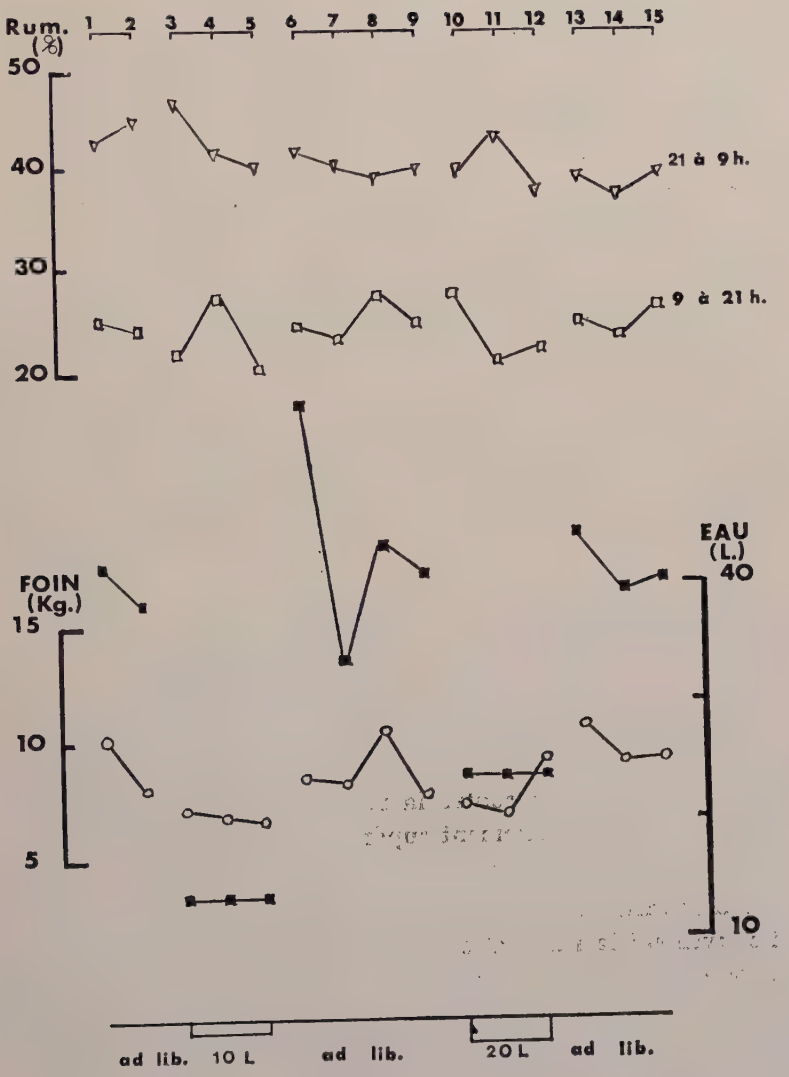

FIGURE 14 : *Variations de l'ingestion alimentaire liées à la consommation d'eau pour une période de 15 jours.*

Sont représentés les pourcentages de rumination nocturne (▭) et diurne (△), la consommation d'eau (■) (en litres) et la quantité d'aliments ingérés (O) pour trois périodes d'abreuvement *ad libitum* (2, 4 et 3 jours) et d'abreuvement limité à 10 litres (3 jours) ou 20 litres) (3 jours). :

Noter les variations parallèles de l'ingestion alimentaire ainsi que les phénomènes de compensation après la diète hydrique : 60 litres le 6e jour et 45 litres le 12e jour.

Il semble que le manque d'eau provoque l'apparition d'une gêne dans l'acte de rumination, l'animal pour arriver au même résultats de trituration des aliments devant consacrer plus de temps à la mastication des bols méryciques.

2° *Consommation hydrique limitée à 20 litres.*

Si nous nous basons sur des valeurs moyennes, la consommation de foin est supérieure à la période précédente. Les pourcentages de rumination ne varient pas d'une façon significative par rapport à ceux obtenus lors de la période de référence (foin *ad. lib.*).

3° *Addition de 5 litres d'eau dans le rumen lors de la limitation à 3 heures de la présentation du foin.*

L'animal dans ce cas a présenté deux phénomènes concomittants :

— une augmentation significative de la consommation de foin de près de 2 kg, la quantité d'eau bue librement par l'animal ne subissant qu'une légère augmentation;

— une augmentation significative du temps de rumination nocturne sans variation du nombre des périodes, ce qui entraîne une augmentation de la durée moyenne de chacune d'elle. Par contre la rumination diurne s'effectue avec un nombre nettement supérieur de périodes, alors que le pourcentage reste inchangé.

En définitif, seule une forte privation d'eau modifie significativement la rumination nocturne, la quantité d'aliments ingérés étant toujours réduite.

La rumination nocturne représente donc le témoin le plus constant des variations provoquées au niveau des quantités de foin et d'eau ingérées; une telle affirmation se vérifiant dans l'expérience d'addition de 5 litres d'eau dans le rumen, lors de la présentation durant 3 heures des aliments.

3. Absence de décubitus

Le contrôle électro-encéphalographique pendant tout un nycthémère chez un bovin nous permet de mettre en évidence des périodes de synchronisation corticale pendant le

TABLEAU N° VI

Addition de 5 litres d'eau dans le rumen lors de limitation de la durée de prise de nourriture (3 heures).

Trois points particuliers sont à noter dans ce tableau :

- l'augmentation significative de la consommation moyenne de foin, passant de 5,56 à 7,10 kg;
- les augmentations significatives de la rumination nocturne et du nombre de périodes de celle-ci, 11 % en plus par nycthémère avec deux périodes supplémentaires.

	Foin en kg/3 h	Eau (l)	Rumination diurne	Nombre de périodes	Rumination nocturne	Nombre de périodes
1	4,580	16,6	36,1	8	31,9	9
2	5,700	17	36,1	7	23,6	8
3	6,400	13,5	38,9	8	26,4	8
A	7,230	14,5 + 5	41,7	8	33,3	6
B	7,300	20,5 + 5	35,4	9	45,8	9
C	7,280	21,2 + 5	31,9	10	37,5	9
D	6,620	13,9 + 5	31,9	9	38,9	8
Moyenne de 1, 2, 3	5,560	15,70	37,0	7,6	27,3	8,33
Moyenne de A, B, C, D	7,100	17,52	35,2	9,0	38,8	8
Comparaison	$t = 2,300$ * $0,02 < \alpha < 0,05$	$t = 0,741$ $0,30 < \alpha < 0,50$	$t = 0,636$ $0,50 < \alpha < 0,90$	$t = 2,390$ * $0,05 < \alpha < 0,20$	$t = 3,138$ * $0,02 < \alpha < 0,05$	$t = 0,377$ $0,5 < \alpha < 0,9$

repos et la rumination, un état de veille permanent pendant la prise de nourriture ainsi que des périodes de désynchronisation corticale ou sommeil paradoxal intervenant pendant le repos, mais le plus souvent, succédant à une phase mérycique.

Le comportement alimentaire d'un bovin semble donc être intimement lié au niveau de vigilance de celui-ci.

Or, parmi les trois paramètres comportementaux étudiés par la méthode graphique, la rumination est le principal. Elle renseigne directement sur l'utilisation de la ration alimentaire, sur l'adaptation de l'animal à celle-ci, ceci se vérifiant surtout la nuit, période pour laquelle les perturbations sont les plus significatives.

L'impossibilité de décubitus a été provoquée chez une vache jersiaise en glissant des ballots de paille sous l'abdomen, l'obligeant ainsi à conserver une station quadripédale pendant une nuit.

D'un point de vue global la comparaison du pourcentage de rumination montre une chute de 13 % par rapport aux trois nuits précédentes (33,8 % au lieu de 46,3 en moyenne).

Le nombre de périodes de rumination augmente cependant passant de 7 à 9 d'où raccourcissement de leur durée moyenne.

L'animal nourri en foin de graminées présente des périodes de rumination de 39,14 ± 15,1 mn en moyenne, les plus longues s'observant en début de nuit. Cette constatation est plus explicite si on calcule la moyenne des quatre premèires périodes de rumination : 42,5 ± 19,0 mn, valeur nettement supérieure à la moyenne globale.

Dans cette expérience, la durée moyenne des quatre premières périodes de rumination est de 26,2 ± 4,0 mn alors que la moyenne générale est de 29,3 ± 1,6 mn.

Un fait est à noter : l'animal mange lorsqu'il ne peut se reposer, les périodes de prise de nourriture sont cependant courtes (en moyenne 9,0 ± 4,0 mn) et nombreuses (14 en 12 heures).

TABLEAU N° VII

Influence du sommeil : comparaison de deux nuits chez le bovins V_1.

Noter l'influence de l'absence de décubitus sur l'augmentation des périodes de repos comportemental et de prise de nourriture.

Noter l'augmentation du pourcentage de repos comportemental et la diminution de ceux concernant la prise de nourriture et la rumination, les différences étant significatives (*).

PN (en mn)	Rumination	Repos
1re nuit : *possibilité de décubitus*		
60 (1)	44 (3)	10 (2)
25 (6)	65 (5)	28 (4)
45 (9)	47 (8)	31 (7)
40 (13)	44 (10)	43 (11)
	67 (12)	34 (14)
	28 (15)	25 (16)
	40 (17)	25 (18)
	56 (19)	23 (20)
Total = 170 mn Période 4 m = 42,5 mn % = 21,8 %	Total = 391 mn Période 8 m = 48,87 mn % = 50,1 %	Total = 219 mn Période = 8 m = 27,37 mn % = 28,1 %
2e nuit : *impossibilité de décubitus*		
12 (1)	23 (3)	8 (2)
10 (4)	23 (9)	25 (5)
12 (7)	32 (21)	5 (6)
7 (11)	28 (25)	22 (8)
6 (13)	37 (31)	2 (10)
3 (15)	43 (39)	2 (12)
15 (19)	29 (41)	8 (14)
7 (23)	21 (44)	11 (16)
11 (27)	28 (45)	5 (18)
11 (29)		34 (20)
10 (33)		37 (22)
15 (35)		26 (24)
3 (37)		26 (26)
4 (43)		41 (28)
		10 (30)
		2 (32)
		6 (34)
		26 (36)
		5 (38)
		34 (40)
		64 (42)
Total = 111 mn Période 14 m = 9,0 mn % = 14,2 %	Total = 264 mn Période 9 m = 29,33 mn % = 3,88 %	Total = 40,5 mn Période 21 m = 19,38 mn % = 51,9 %
t = 8,15 * $\alpha < 0{,}001$	t = 33,8 * $0{,}01 < \alpha < 0{,}001$	t = 1,27 * $0{,}3 < \alpha < 0{,}2$

Les cycles méryciques ont une durée irrégulière, leur moyenne était pour les sept périodes en minutes : 0,86, 0,90, 0,83, 0,97, 1,02, 1, ici leur durée moyenne augmente $1 \pm 0{,}05$.

Si nous observons le « repos comportemental » c'est-à-dire les périodes pendant lesquelles l'animal ne mange pas, et ne rumine pas, le pourcentage global augmente passant de 28,1 % à 51,9 %, celui-ci se réalisant en un nombre supérieur de périodes : 21 au lieu de 8.

La comparaison statistique (test t) de ces nombres met en évidence une différence hautement significative ($P < 0{,}03$). Il en est de même lorsqu'on compare ces nombres pour les périodes de prise de nourriture et de rumination.

En conclusion, notre procédé graphique nous a permis finalement une analyse assez fine des effets propres à l'absence de décubitus.

D'une part, nous pouvons noter les modifications apparues à la suite de la perturbation de l'état de vigilance : apparition d'un repos comportemental supérieur et de nombreuses petites périodes de prises de nourriture anormales pendant la nuit.

Dautre part, modifications du comportement alimentaire proprement dit, avec diminution des temps de prise de nourriture et de rumination, mais avec élévation du nombre de leurs séquences.

En conclusion, le procédé utilisé permet l'analyse simple des variations comportementales chez les bovins.

L'observation des différents enregistrements offre grâce à leur présentation un intérêt double quantitatif et qualitatif, avec la possibilité de préciser un détail semble-t-il mineur ou artefactiel au départ.

La base du temps (1 mn) enregistrée simultanément aux mécanogrammes mandibulaire et ruminal est utilisée pour chiffrer la durée des différentes périodes, mais au-delà de cette étude quantitative globale, en suivant minute par minute le décours d'enregistrements concernant différentes journées, un certain nombre de faits nouveaux reproduc-

tibles apparaissent; et c'est ainsi que la succession des diverses séquences d'une période peut être détaillée, le simple dépouillement visuel nous montre comment on peut mieux singulariser une rumination nocturne variant peu en ne s'occupant que des quatre premières périodes de celle-ci.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le but du présent travail était de connaître dans l'étude du comportement des bovins en stabulation, les limites d'une méthodologie simple ne faisant appel qu'à l'enregistrement continu des mouvements de mâchoires et de la pression intra-ruminale ou réticulaire.

L'étalement des tracés et leur contrôle par rapport aux phénomènes électriques des muscles masticateurs ou de la musculature du rumen nous ont permis, dans une première partie, de voir que le degré de précision ainsi atteint est tout à fait satisfaisant.

Le dépouillement visuel des tracés s'effectue d'une manière simple et permet de chiffrer les diverses périodes du comportement de l'animal, l'erreur maximale peut être de 10 à 20 minutes sur un nycthémère, l'erreur relative concernant un pourcentage d'activité (rumination par nycthémère - prise de nourriture par nycthémère) n'excédant pas 2 %.

Donc des résultats comportementaux précis, grâce à des enregistrements sur des feuilles de papier de deux mètres de long, obtenus à l'aide de ballonnets remplis de mousse de polyuréthane placés extérieurement sous la mandibule ou dans le rumen (nécessité d'une fistule ou de la mise en place d'un trocart des réservoirs gastriques).

La seule préparation chirurgicale des animaux ne nécessite qu'une anesthésie loco-régionale.

Dans une seconde partie nous nous attachons à l'étude détaillée des différents actes alimentaires sur les enregistements obtenus.

Le défilement rapide du papier étalant les tracés des

variations de pression, ainsi que l'emploi de loupe ont été tout à tour ou conjointement utilisés.

C'est ainsi que les divers accidents correspondants à une période de prise de nourriture ou de rumination ont pu être précisés. On peut suivre le mouvement des mâchoires, celui de la langue, du phrarynx à la déglutition, etc. De même, la juxtaposition des tracés mandibulaire et ruminal nous permet de retrouver certaines phases caractéristiques du sommeil, la position de l'animal. Au passage nous avons relevé le ralentissement de la motricité gastrique, à la fin d'une période de rumination, pendant le sommeil. Certaines carastéristiques des tracés sont autant d'indices révélant l'état de vigilance du sujet (appui de la tête sur le rebord de la mangeoire, décubitus latéral gauche avec forte augmentation de pression dans le ballonnet situé de ce côté).

Dans une troisième partie enfin nous avons essayé de voir grâce à quelques exemples comment cette méthode graphique nous permet à tout instant d'expliquer ou de préciser une variation comportementale chez un animal.

Lors de la diète hydrique, d'absence de décubitus, de modifications dans la présentation des repas, autant de variations toujours nettement supérieures aux variations intra ou inter individuelles, d'ailleurs fortement masquées dans une nécessaire expression moyenne des résultats, le retour au graphique d'enregistrement nous fait suivre l'adaptation de l'animal au paramètre étudié. L'étude statistique nous dit, par application d'un test d'homogénéité, que la distribution des périodes de rumination pendant la nuit ou la vache ne se couche pas, est différente de celle d'une nuit d'enregistrement de référence; une nouvelle lecture des tracés obtenus nous montre que les quatre premières périodes de rumination présentent une diminution notable (26,2 $\pm$ 4,0 mn au lieu de 42,5 $\pm$ 1,0 mn) et que leur durée est souvent inférieure à celle des périodes suivantes.

S'il est évident que le comportement en stabulation d'un bovin ne peut se ramener tout à fait aux seules données fournies par une méthode graphique aussi simple, faisant

appel à un ou deux mètres de papier par nycthémère, il n'en reste pas moins vrai que celles-ci permettent d'en saisir la majeure partie sous réserve d'un inventaire complet des accidents du tracé.

En l'occurrence, chaque grapho-élément doit son importance moins à sa morphologie qu'à son décours temporel, la méthode graphique continue représente la méthode adéquate pour évaluer cet aspect du problème d'une façon fidèle et de manière très simple.

Vu, le Professeur de l'Ecole Vétérinaire,

rapporteur :

Y. RUCKEBUSCH.

Vu, le Directeur de l'Ecole Vétérinaire :

R. FLORIO

Vu, le Président de la Thèse

P. BESSOU.

Vu et permis d'imprimer

Toulouse, le 9-10-72

Le Président de l'Université Paul-Sabatier :

LARENG.

BIBLIOGRAPHIE

1. Ahlgren (J.). — Kinesiology of the mandible. An electromyographic study. *Acta Odontol. Scand.*, Suède, 1967, **25** (6), 593-611

2. Akester (A.R.), Titchen (D.A.). — Radiographic studies of the reticulo-rumen in the sheep. *J. anat.*, (G.B.), 1969, **104** (1), 137-151.

3. Atkinson (H.F.) et Sheperd (R.W.) — Masticatory movements and the resulting force. *Arch. Oral. Biol.*, G.B., 1967, **12** (2), 195-202.

4. Attebery (J.T.), Johnson (H.D.). — Effects of environmental temperature controlled feeding and fasting on rumen mobility. *J. Anim. Sc.*, 1969, **29** (5), 734-737.

5. Baile (C.A.). — Regulation of feed intake in ruminants. *Fed. Proc.*, 1968, **27** (6), 1361-1366.

6. Barker (S.), Brown (G.D.) et Galaby (J.H.). — Food regurgitation in the macropodidae. *Aust. J. Sc.*, 1963, **25** (10), 430-432.

7. Barone (R.). — *Anatomie comparée des mammifères domestqiues, Ostéologie,* 1966, pp. 336-339. Imprimerie des Beaux-Arts, S.A. J. Tixier et Fils, Lyon.

8. Beck (C.S.) et Mason (G.R.). — Gastric peristaltis. A study of regional rates of contraction. *Am. J. Surg.*, 1970, **119** (2), 217-219.

9. Bell (F.R.). — Some observations of the physiology of rumination in *Digestive physiology and nutrition of the Ruminant.* Lewis, Butterworths (Londres), 1961, pp. 59-66.

10. Béranger (C.) et Jarrige (R.). — Utilisation des aliments broyés et agglomérés par les bovins. *Ann. Zoot.*, 1962, 11, 273-294.

11. Bhattacharvya (N.K.) et Mullick (D.N.). — Comparative study of mechanical factors in ruminant digestion, III. Nature of rumen movements during day and night in a fistulated ox. *Indian J. Exp. Biol.*, 1964, 2 (3), 146-148.

12. Burger (M.). — Das Wiederkauen, eine vergleichend ethologische. Untersuchung an Haus-und Wildtieren in Zoologischen Gärten. *Arch. f. Tierernährung*, 1966, 16, 473-505.

13. Candau (M.). — Quelques observations liminaires concernant l'effet de l'ensilage et du foin sur l'évolution morphologique de la paroi et le fonctionnement métabolique précoce du rumen chez le veau préruminant. *C.R. Acad. Sc.*, 1969, 268 (13), 1823-1826.

14. Chiesa (F.), Tradati (F.) et Colombo (G.). — Ulteriori osservazioni sulla contrazione del Rumine nella pecora. Atti, *Soc. Ital. Sc. Vet.*, 1965, paru en 1966, 19, 190-193.

15. Church (D.C.). — *Digestive physiology and nutrition of ruminants*, O.S.U. Book Stores, Inc. Corvallis, vol. I, 1969, p. 39-43.

16. Colin (G.). — *Traité de physiologie comparée chez les animaux*, 2 éd. Baillère, Paris, 1871, p. 587.

17. Dejneka (J.), Zieba (D.) et Leroch (Z.). — La motricité nycthémèrale du rumen chez les ovins. *Rocz. Nauk. Roln. B.*, Polska, 1966, 88 (4), 17-23.

18. Ducworth (J.E.) et Shirlaw (D.W.). — The development of an apparatus to record the jaw movements of cattle. *Br. J. Anim.*, Behav, 1955, 3, 56-59.

19. Dziuk (H.E.). — Radiotelemetry for stomach motility studies in ruminants. *Med. Electron. Biol. Eng.*, 1964, 2 (3), 281-287.

20. Dziuk (H.E.) et Mc Cauley (E.H.). — Comparison of rumino reticular motility patterns in cattle, sheep and goats, *Am. J. Physiol.*, 1965, **209** (2), 324-328.

21. Forster (A.). — L'articulation temporo-maxillaire chez les ruminants et les solipèdes. *Arch. Anat. Embryol.*, 1933, **17**, 329.

22. Gill (J.), Campling (R.C.) et West Garth (D.R.). — A study of chewing during eating in the cow. *Brit. J. Nut.*, 1966, **20** (1), 13-23.

23. Gordon (J.G.). — The effect of water deprivation upon the rumination behaviour of housed sheep. *J. Agric. Sc.*, 1965, **64** (1), 31-35.

24. Gordon (J.G.). — Rumination and its signifiance. rythm of rumination. *J. Agric. Sc.*, 1970, **74** (2), 291-297.

25. Gordon (J.G.) et Mc Allister (I.K.). — The circadian *World Rev. Nutrit.*, 1968, **9**, 251-273.

26. Heize (Von). — Die morphologic der kaumuskulatur des rindes, der ziege und des schofes sorvie erörterungen einiger myologischer fragen. *Anat. Anz.*, 1963, **112** (5), 101-128.

27. Hendrichs (H.), Max Planck. — Vergleichende untersucung des Wiederkanverhaltens. *Biol. Zbl. Dtschr.*, 1965, **84** (6), 681-751.

28. Hiiemae (K.M.). — Masticatory function in the mammal. *J. Dent. Res.*, 1967, **46** (5), part 1, 883-893.

29. Inglefinger (F.J.). — Œsophageal motility. *Physiol. Rev.*, 1958, **38** (4), 533-584.

30. Johansen (Von), Boldt (E.). — Telemetric recording of rumen motricity in cattle. *Mh. Vet. Med.*, 1970, **25** (23), 897-906.

31. Kerbaa (A.). — Facteurs de variations du comportement alimentaire et mérycique des ruminants. *Thèse Doct. Ing.*, Clermond-Ferrand, 1969.

32. Kuz'Min (P.M.). — Le centre de la rumination et ses connexions fonctionnelles chez les bovins. *Fiziol. Zh.* SSSR, 1963, 3, 346-352.

33. Laplace (J.P.). — Motilité omaso-abomasale et comportement alimentaire chez le mouton. Un nouveau concept. *Physiol. and Behav.*, 1970, 5 (1), 61-65.

34. Leek (B.F.). — The reflex regulation of reticulo ruminal movements, in *Cong. Mond. Alim. Anim.*, Madrid, 1966, pp. 19-24.

35. Leek (B.F.). — Reticulo ruminal mechanoreceptor in sheep. *J. Physiol.*, 1969, 202, 585-609.

36. Lerche (W.). — The œsophagus and pharynx in action. Ed. ch. Thomas Springfield Ill., 1950.

37. Marey (M.). — *Physiologie expérimentale*, chap. IV : la méthode graphique dans les sciences expérimentales. Ed. G. Masson, Paris, 1875, pp. 123-164.

38. Mattila (K.). — Cinefluorographic study of the condylar movement in free opening and closening of the mouth. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.*, 1967, 45 (3), 368-372.

39. Miller (W.J.), Martin (V.G.) et Fowler (P.R.). — Effets d'une addition de fibres à des aliments de démarrage simplifiés et complexes chez des jeunes vaches laitières. *J. Dairy Sc.*, 1969, 52 (5), 672-676.

40. Moller (E.). — The chewing apparatus. *Acta Physiol. Scand.*, 1966, 69, suppl. 280, 229 p.

41. Morillo (F.J.), Alba (J. de). — Rumen motility in dairy cattle. *Cornell. Vet.*, 1960, 50 (1), 66-72.

42. Pearce (G.R.) et Moir (R.J.). — Rumination in sheeps. The influence of rumination and grinding upon the passage and digestion of food. *Austr. J. Agric. Res.*, 1964, 15 (4), 635-644.

43. Pearce (G.R.). — Rumination in sheep. II. The circa-

dian pattern of rumination. *Aust. J. Agric. Res.*, 1965, **16** (4), 635-648.

— Rumination in sheep. III. Experimentally induced variations in the circadian pattern of rumination. *Aust. J. Agric. Res.*, 1965, **16** (4), 649-660.

— Rumination in sheep. IV. The investigation of some possible control mechanisms. *Aust. J. Agric. Res.*, 1965, **16** (4), 837-855.

44. Pharr (L.D.), Colvin (H.W. Jr.) et Noland (P.R.). — Rumen motility of sheep as affected by the physical form of oat hay. *J. Anim. Sc.*, 1967, **26** (32), 414-417.

45. Pora (E.A.) et Cotrutz (M.). — Mouvements de l'œsophage chez les bovidés. *J. Physiol.*, 1959, **51** (3), 549-550.

46. Rigler (L. Von) et Mlinsek (B.). — Die Symphyse der mandibula beim rinde (Ein beitrag zur kenntrus ihrer structur und funktion). *Anat. Anz.*, 1968, **122**, 213-314.

47. Rousseau (J.P.). — Rôle comparé des muscles du nasopharynx et de la glotte dans l'inspiration de rumination dite « à glotte fermée ». *C.R. Soc. Biol.*, 1966, **160** (3), 606-610.

48. Ruckebusch (Y.). — Recherche sur la régulation centrale du comportement alimentaire chez les ruminants. *Thèse Doct. Sci. Nat.*, Lyon, 1963.

49. Ruckebusch (Y.). — Etude polygraphique des variations spontanées et provoquées du comportement alimentaire chez les petits ruminants. *Arch. Sci. Physiol.*, 1967, **21**, 449-465.

50. Ruckebusch (Y.). — Acquisitions récentes en physiologie digestive chez les ruminants. *Cah. Med. Vet.*, 1968, **37**, 4, 111-126.

51. Ruckebusch (Y.) et Bell (F.). — Etude polygraphique et comportementale des états de veille et de sommeil chez la vache (Bos taurus). *Ann. Rech. Vet.*, 1970, **1**, 41-62.

52. Ruckebusch (Y.), Fargeas (J.) et Dumas (J.P.). — Recherches sur le comportement alimentaire des ruminants. IX. La mastication mérycique. *Rev. Méd. Vét.*, 1970, **121**, 345-357.

53. Ruckebusch (Y.) et Marquet (J.P.). — Recherches sur le comportement alimentaire chez les ruminants. I. Influence de la structure physique des aliments. *Rev. Méd. Vét.* 1963, **114** (1), 833-856.

54. Ruckebusch (Y.) et Kay (R.N.B.). — Etude critique de la motricité gastrique chez les bovins. *Ann. Rech. Vét.*, 1971, **2** (1), 99-136.

55. Seren (E.). — Traduit par Florio (R.). — Diagnostic et traitement des affections des estomacs de bovins. Ed. Vigot fr, Paris, 1962.

56. Seren (E.), Molinari (P.) et Brambilla (E.). — Contribution to the knowledge of the reticular contraction during rumination in cattle. *Wien tierärztl. Monat.*, 1965, **52** (5), 455-460.

57. Short (H.L.), Segelquist (C.A.), Goodrum (P.D.) et Boyd (C.E.). — Rumino reticular characterictics of deer on food of two types. *J. Widlife Manag.*, 1969, **33** (2), 380-383.

58. Sirotinin (A.A.). — Contribution à la physiologie de la période de rumination du bétail domestique (en russe). *Fiziol. Zh.*, SSSR, 1961, **47** (1), 51-55.

59. Skouri (M.). — Valeur nutritive de la ration et comportement alimentaire. *Thèse Doct. Ing.*, Clermond-Ferrand, 1966.

60. Stevens (C.E.) et Sellers (A.F.). — Pressure events in bovine œsophagus and reticulo rumen associated with eructation diglutition and regurgitation. *Amer. J. Physiol.*, 1960, **199**, 598-602.

61. Vallenas (A.). — Motility of the lama and guanaco stomach. *Amer. J. Physiol.*, 1971, **220** (1), 275-282.

62. Wittke (G.), Bayer (A.), Krzywanek (M.). — Variability ans systematic changes in the pulse and rumination rates in sheep. *Berl. Münch. tierärztl. Wschr.*, 1969, **82**, 61-63.

69. Williams (V.J.). — Rumen function in the camel. *Nature*, 1963, n° 4873, 1221.

64. Winship (D.H.), Zboralske (F.P.) et Weber (W.N.), Soergel (H.H.). — Œsophagus in rumination. *Amer. J. Physiol.*, 1964, **207**, 1189-1194.

65. Zieba (D.). — Type of ruminal movements in cattle. *Medycyna Wet.*, 1969, **25**, 52,54.

66. Zieba (D.), Dejneka (J.) et Leroch (Z.). — Contraction du reticulum chez le mouton. *Acta Physiol. Polon.*, 1969, **20** (1), 89-95.